

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

STEAM DRIER, STEAM SEPARATING SYSTEM AND MOISTURE SEPARATOR

Patent Number: JP6222190
Publication date: 1994-08-12
Inventor(s): AOYAMA GORO; others: 06
Applicant(s): HITACHI LTD
Requested Patent: ☐ JP6222190
Application Number: JP19930303963 19931203
Priority Number(s):
IPC Classification: G21D1/02; B01D45/08; G21C15/16
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide a steam drier whose overall performance can be enhanced by an increase in the amount of droplets collected without greatly increasing pressure losses, a steam separating system using the same, and a moisture separator.

CONSTITUTION: A flow of moist steam 12 is guided by a hood plate 15 and allowed to flow in via a porous plate 16a which distributes the amounts of flow of the moist steam 12, and droplets in the moist steam 12 are collected by a plurality of plates. The droplets are collected using drain gutters 18 disposed beneath the plates and are discharged from a drain pipe connected to the drain gutters 18. Because protrusions are provided on that side of the opening of the porous plate 16a which faces the hood plate 15, the droplets can be prevented from being splashed again by the flow of steam near the opening and carried over.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

FC

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-222190

(43) 公開日 平成6年(1994)8月12日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 D 1/02	G D B T	9117-2G		
B 0 1 D 45/08	B			
G 2 1 C 15/16	G D B	8908-2G		

審査請求 未請求 請求項の数40 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平5-303963

(22) 出願日 平成5年(1993)12月3日

(31) 優先権主張番号 特願平4-324391

(32) 優先日 平4(1992)12月3日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 青山 吾朗

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72) 発明者 相馬 尚志

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72) 発明者 河崎 照文

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所エネルギー研究所内

(74) 代理人 弁理士 春日 譲

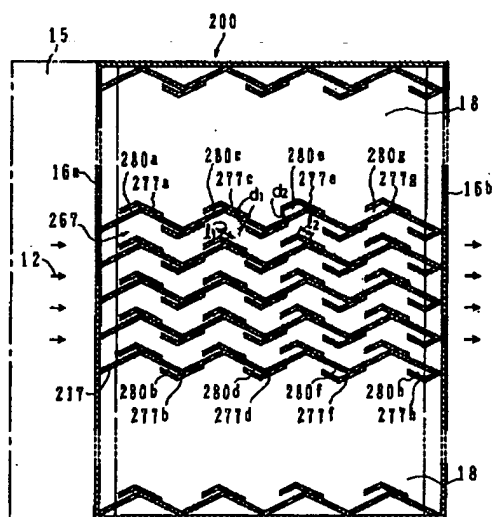
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蒸気乾燥器及び気水分離システム並びに湿分分離器

(57) 【要約】

【目的】 圧力損失を大幅に増やさず液滴捕集量を増やし全体の性能向上を図れる蒸気乾燥器及びこれを用いた気水分離システム並びに湿分分離器を提供する。

【構成】 湿り蒸気12の流れはフードプレート15で誘導され、湿り蒸気12の流量配分を行う多孔板16aを介し流入し、湿り蒸気12中の液滴は複数の板17で捕集される。板17の下方に配置されたドレンとい18で液滴を収集し、ドレンとい18に接続されるドレン管19で液滴を排出する。多孔板16aの開口部21のフードプレート15側に突起21aを設けるので、開口部21付近で蒸気流によって再飛散しキャリーオーバーすることを抑制できる。



200: 蒸気乾燥器エレメント
217: 板
267: 捕集板
277a~277h: 液滴分離板
280a~280h: ドレンポート

【特許請求の範囲】

【請求項1】 供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた蒸気乾燥器エレメントが複数個設けられている蒸気乾燥器において、

前記蒸気乾燥器エレメントは、前記捕集流路の上流部分に設けられ前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段と、前記捕集流路の下流部分に設けられ相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項2】 供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた第1及び第2の蒸気乾燥モジュールを有しかつ前記第1の蒸気乾燥モジュールの下流側に前記第2の蒸気乾燥モジュールが直列に接続されて一連の流路をなす蒸気乾燥器エレメントが、複数個設けられている蒸気乾燥器において、

前記第1の蒸気乾燥モジュールは前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段を有し、かつ前記第2の蒸気乾燥モジュールは相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段を有することを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項3】 供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた少なくとも1組の蒸気乾燥モジュールを有しかつ供給された湿り蒸気を除湿する一連の流路をなす蒸気乾燥器エレメントが、複数個設けられている蒸気乾燥器において、

前記蒸気乾燥器エレメントのそれぞれは、前記一連の流路の上流部分に設けられ前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段と、前記一連の流路の下流部分に設けられ相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項4】 湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成する誘導手段と、前記誘導手段により導かれた湿り蒸気の流量配分を行う整流手段と、前記整流手段を介し供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた蒸気乾燥器エレメントが複数個設けられている蒸気乾燥器において、

前記蒸気乾燥器エレメントは、前記捕集流路の上流部分に設けられ前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段と、前記捕集流路の下流部分に設けられ相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項5】 湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成する誘導手段と、前記誘導手段により導かれた湿り蒸気の流量配分を行う整流手段と、前記整流手段を介し供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた第1及び第2の蒸気乾燥モジュールを有しかつ前記第1の蒸気乾燥モジュール

の下流側に前記第2の蒸気乾燥モジュールが直列に接続されて一連の流路をなす蒸気乾燥器エレメントが、複数個設けられている蒸気乾燥器において、

前記第1の蒸気乾燥モジュールは前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段を有し、かつ前記第2の蒸気乾燥モジュールは相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段を有することを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項6】 湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成する誘導手段と、前記誘導手段により導かれた湿り蒸気の流量配分を行う整流手段と、前記整流手段を介し供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた少なくとも1組の蒸気乾燥モジュールを有しかつ供給された湿り蒸気を除湿する一連の流路をなす蒸気乾燥器エレメントが、複数個設けられている蒸気乾燥器において、

前記蒸気乾燥器エレメントのそれぞれは、前記一連の流路の上流部分に設けられ前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段と、前記一連の流路の下流部分に設けられ相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項7】 請求項1～6記載の蒸気乾燥器において、前記複数の捕集流路は、少なくとも一部分が曲折した複数の板状部材によって形成されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項8】 請求項1～6記載の蒸気乾燥器において、前記捕集流路は、互いに平行に配置されたジグザグ形状の複数の波板によって形成されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項9】 請求項1～6記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における蒸気流の速度を、前記第1の位置における蒸気流の速度よりも大きくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項10】 請求項1～6記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路の断面積を、前記第1の位置における前記捕集流路の断面積よりも小さくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項11】 請求項1～6記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路の水平方向の幅を、前記第2の位置における前記捕集流路の水平方向の幅よりも狭くする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項12】 請求項2又は5記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における

3

前記捕集流路の水平方向の幅を前記第1の位置における前記捕集流路の水平方向の幅と同一とするとともに、前記第2の位置における前記捕集流路の数を前記第1の位置における前記捕集流路の数よりも少なくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項13】 請求項2又は5記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路を形成する複数の板状部材のそれぞれの間隔を前記第1の位置における前記捕集流路を形成する複数の板状部材のそれぞれの間隔と同一とするとともに、前記第2の位置における前記板状部材の数を前記第1の位置における前記板状部材の数よりも少なくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項14】 請求項2又は5記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第2の捕集手段が設けられている第2の蒸気乾燥モジュールの前記捕集流路の流れ方向と直交する方向における幅を、前記第1の蒸気乾燥モジュールの前記捕集流路の流れ方向と直交する方向における幅よりも狭くすることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項15】 請求項1～6記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路の上下方向の高さを、前記第2の位置における前記捕集流路の上下方向の高さよりも小さくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項16】 請求項1又は4記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置における1つの捕集流路を、前記第1の位置よりも下流側の第2の位置において流れ方向に2つの捕集流路に分割する手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項17】 請求項2又は5記載の蒸気乾燥器において、前記第1の蒸気乾燥モジュールは複数組設けられており、かつ、前記第2の捕集手段は、複数組の前記第1の蒸気乾燥モジュールの下流側に1つの前記第2の蒸気乾燥モジュールを直列に接続することにより、前記第2の蒸気乾燥モジュールの前記第2の捕集手段が設けられた第2の位置における蒸気流の速度を前記第1の蒸気乾燥モジュールの前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置における蒸気流の速度よりも大きくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項18】 請求項15記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、流れ方向に向かって前記捕集流路の上下方向の高さが減少するように前記捕集流路内に流れ方向に傾斜して配接された仕切板であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項19】 請求項11記載の蒸気乾燥器において、前記捕集流路内には前記捕集流路内に突出して液滴

4

を捕集する複数のポケットが設けられており、かつ、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置に設けられた前記ポケットの水平断面における幅を、前記第1の位置に設けられた前記ポケットの水平断面における幅よりも広くする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項20】 請求項11記載の蒸気乾燥器において、前記捕集流路内には前記捕集流路内に突出して液滴を捕集するポケットを形成する複数の略L字型部材が設けられており、かつ、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置に設けられた前記略L字型部材の前記捕集流路への突出長さを、前記第1の位置に設けられた前記略L字型部材の前記捕集流路への突出長さよりも大きくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項21】 請求項11記載の蒸気乾燥器において、前記捕集流路内には前記捕集流路内に突出して流れを制限する複数の絞り部材が設けられており、かつ、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置に設けられた前記絞り部材の水平断面における厚さを、前記第1の位置に設けられた前記絞り部材の水平断面における厚さよりも厚くする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項22】 請求項11記載の蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路を形成する複数の板状部材のそれぞれの中心線間隔を前記第1の位置における前記捕集流路を形成する複数の板状部材のそれぞれの中心線間隔と同一とするとともに、前記第2の位置における前記板状部材の厚さを前記第1の位置における前記板状部材の厚さよりも厚くすることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項23】 請求項11記載の蒸気乾燥器において、前記捕集流路は互いに平行に配置されたジグザグ形状の複数の波板によって形成されており、かつ、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記波板の曲がり部のなす角度を、前記第1の位置における前記波板の曲がり部のなす角度よりも小さくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項24】 請求項23記載の蒸気乾燥器において、前記捕集流路内に突出して液滴を捕集するポケットを形成する複数の略L字型部材が前記波板の曲がり部に設けられていることを特徴とする沸蒸気乾燥器。

【請求項25】 供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される複数の捕集流路を備えた蒸気乾燥器において、前記捕集流路は、それぞれが複数箇所の凹凸部を備えかつ互いに平行に配置されたジグザグ形状の複数の波板によって形成されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項26】 湿り蒸気の流れを誘導する誘導手段

5

と、前記誘導手段により導かれ供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される複数の捕集流路とを有する蒸気乾燥器において、

前記捕集流路はジグザグ形状の複数の波板によって形成されるとともに高さ方向に複数段に分割されており、かつ、前記複数段のそれぞれの段は、前記複数の波板の下方に位置し前記複数の波板で捕集された液滴を収集する収集手段と、前記収集手段で収集された液滴を排出する排出手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項27】 請求項26記載の蒸気乾燥器において、前記複数の波板のそれぞれは互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成しているとともに、前記それぞれの波板に設けられた複数の曲がり部のそれぞれのなす角度はすべて同一であり、かつ、前記複数段のそれぞれの段における前記曲がり部のなす角度は最下段が最小であり上段になるほど大きくなるように構成されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項28】 請求項26記載の蒸気乾燥器において、前記複数の波板のそれぞれは、互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成するとともに複数箇所の凹凸部を備えていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項29】 請求項26記載の蒸気乾燥器において、前記複数の波板のそれぞれは互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成しており、かつ、前記それぞれの波板に設けられた複数の曲がり部のそれぞれのなす角度は、流れ方向に下流側の位置であるほど小さくなっていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項30】 湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成する誘導手段と、複数の開口部を有し前記誘導手段により導かれた湿り蒸気の流量配分を行う整流手段と、前記整流手段を介し供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される複数の捕集流路を形成する少なくとも一部分が曲折した複数の板状部材とを有する蒸気乾燥器において、前記複数の開口部のうち少なくとも1つの開口部の前記誘導手段側に、前記1つの開口部の外周を取り囲む突起を設けたことを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項31】 請求項30記載の蒸気乾燥器において、前記複数の板状部材の下方に位置し前記捕集された液滴を収集する第1の収集手段と、前記整流手段の下方に位置し前記整流手段を流下する液膜を収集する第2の収集手段とを設けたことを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項32】 請求項30記載の蒸気乾燥器において、前記複数の板状部材の下方に位置し前記捕集された液滴を収集する第1の収集手段と、前記整流手段の下方に位置し前記整流手段を流下する液膜を収集する第2の収集手段と、前記第1の収集手段と前記第2の収集手段とに接続され前記収集された液滴を排出する排出手段とを設けたことを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項33】 請求項30又は31記載の蒸気乾燥器

6

において、前記複数の板状部材のそれぞれは互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成する波板であり、かつ、前記それぞれの波板に設けられた複数の曲がり部のそれぞれのなす角度は、流れ方向に下流側の位置であるほど小さくなっていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項34】 請求項30又は31記載の蒸気乾燥器において、前記複数の板状部材のそれぞれは、互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成するとともに複数箇所の凹凸部を備えた波板であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項35】 気水分離器より供給された湿り蒸気から液滴を除去する蒸気乾燥器において、重量パーセントで10%を超える含水率の湿り蒸気を取り入れて、重量パーセントで0.1%以下の含水率の蒸気を放出する液滴捕集手段を有することを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項36】 炉心で発生した水・蒸気の混合物を蒸気と水とを分離する気水分離器と、前記気水分離器から出た湿り蒸気から液滴を除去する蒸気乾燥器とを有する気水分離システムにおいて、

前記蒸気乾燥器は、請求項1～6、23、25、30のいずれか1項記載の蒸気乾燥器であることを特徴とする気水分離システム。

【請求項37】 炉心で発生した水・蒸気の混合物を蒸気と水とに分離する気水分離器と、前記気水分離器より供給された湿り蒸気から液滴を除去する蒸気乾燥器とを有する気水分離システムにおいて、

前記気水分離器は、重量パーセントで10%を超える含水率の前記湿り蒸気を送出しつつ圧力損失を低減する圧力損失低減手段を有し、かつ、前記蒸気乾燥器は、重量パーセントで10%を超える含水率の湿り蒸気を取り入れて重量パーセントで0.1%以下の含水率の蒸気を放出する液滴捕集手段を有することを特徴とする気水分離システム。

【請求項38】 相互に所定の間隔を隔てて配設されジグザグ形状の流路を形成する複数の波板を有する波板型の湿分分離器において、

前記複数の波板のそれぞれに設けられた複数の曲がり部のそれぞれのなす角度は、流れ方向に下流側の位置であるほど小さくなっていることを特徴とする湿分分離器。

【請求項39】 請求項38記載の湿分分離器において、前記曲がり部に、前記流路内に突出して液滴を捕集するポケットを形成する略L字型部材が設けられていることを特徴とする湿分分離器。

【請求項40】 相互に所定の間隔を隔てて配設されジグザグ形状の流路を形成する複数の波板を有する波板型の湿分分離器において、

前記複数の波板のそれぞれは、互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成するとともに複数箇

所の凹凸部を備えていることを特徴とする湿分分離器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば沸騰水型原子力プラントの気水分離システムに係わり、特に、蒸気乾燥器及びこれを用いた気水分離システム並びに湿分分離器に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、沸騰水型原子炉用気水分離システムは、原子炉炉心で発生した水・蒸気混合物に遠心力を与えて蒸気と水とに分離する気水分離器と、気水分離器を出た液滴等の水分を含んだ湿り蒸気から液滴を除去する蒸気乾燥器とから成る。これらの気水分離システムで水分を除去された蒸気は、管路を通して輸送され、蒸気駆動タービンやその他の装置において利用される。

【0003】沸騰水型原子炉において、冷却材である水は炉心を形成する燃料集合体を通過する際に加熱されて蒸気・水の混合物となる。この蒸気・水の混合物から蒸気を分離するために、炉心上部プレナムを覆うシュラウドヘッド上方に機械的な気水分離器が取り付けられている。気水分離器は螺旋状の羽根によって蒸気・水の混合物を旋回させ、密度の高い水は遠心力の作用によって気水分離器の外周部に集められる。その後この水は、外周部に設けられた分離水の下降流路を経て下方のプール内に入りダウンカマ内に再流入する。

【0004】一方、気水分離器の頂部から放出された液滴を含む湿り蒸気は、湿り蒸気プレナムを経て波板式ベーンを備えた蒸気乾燥器へと導かれる。湿り蒸気はフードプレートにより、湿り蒸気の流量を配分する多孔板を介して波板式ベーンへと導かれ、液滴と蒸気との慣性力の差を利用して、慣性力の大きい液滴を波板式ベーン上に衝突させて捕集される。そしてこの液滴はドレンといによって収集され、ドレンパイプを介し排出されてダウンカマへと導かれる。

【0005】沸騰水型原子炉用の気水分離システムの公知技術としては、以下のものがある。

①特開平2-281194号公報

この公知技術は、湿り蒸気プレナム内に移送する湿り蒸気に対し、機械的気水分離器の他に蒸気収集ユニットを付加して設けることにより、効果的に蒸気を発生させるとともに気水分離過程における圧力損失を低減するものである。

②特開平2-102489号公報

この公知技術は、下端が気液二相界面近傍に開口し上端が蒸気乾燥器と直結懸架された気水分離器を用いることにより、気水分離器の性能を損なわずに圧力損失低減を図るものである。

【0006】また、蒸気乾燥器と同様に湿り蒸気中の液滴を除去する目的で高圧タービンと低圧タービン間に設置される湿分分離器においても、上記の蒸気乾燥器と同

様の波板式ベーンが用いられている。これらの波板式ベーンの構造に関して、以下の公知技術がある。

③実開昭60-165018号公報

この公知技術は、波板の各波形を平板を縫ぎ合わせた構成とすることにより、波板の角度と山数を自由に変更することのできる波板構造を提供するものである。

④実開昭62-35612号公報

この公知技術は、波板の曲がり部を2段に屈折させて形成した平板部の外側に液分離板を設置して液捕集がケットを形成することにより、圧力損失を低減しつつ捕集能力の向上を図るものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】一般に、気水分離システムを構成する気水分離器及び蒸気乾燥器の性能は、それぞれの水分除去機能と圧力損失との2つのパラメータによって表される。すなわち、気水分離器においては水の分離量が多いほどまた圧力損失が小さいほど性能がよく、また同様に蒸気乾燥器においても液滴の捕集量が多いほどまた圧力損失が小さいほど性能がよい。

【0008】ここで、蒸気乾燥器の性能のうちの液滴捕集量に関し、捕集量が減少することとなる主たる要因として以下の3つがある。

a) 多孔板における再飛散

波板式ベーンへの入口部に設けられた整流用の多孔板に液滴が付着し液膜となって流下する際に、開口部付近で蒸気流にあおられて再飛散することにより、波板式ベーン中におけるキャリーオーバー量が增大する。

b) 粒径依存性

液滴には大小さまざまな粒径のものが混在しており、相対的に大きな粒径のもののほど捕集されやすいが、相対的に小さな粒径のものは捕集されにくくキャリーオーバー状態で蒸気流に乗ったまま蒸気乾燥機外に排出される。

c) 捕集流路からの再飛散

a) と同様、捕集流路において波板に衝突し捕集された液滴が液膜を形成し、ドレンといに向かって波板上を流下する際蒸気流中の液滴が入射することによって再飛散することにより、キャリーオーバー量が增大する。したがって、上記a)～c)のいずれか1つが改善されれば、蒸気乾燥器の液滴捕集量が増加することになる。但し、前述のように、蒸気乾燥器の性能は液滴捕集量と圧力損失との2つのパラメータで評価されるので、このとき圧力損失が大幅に増加しないことが性能向上のための条件となる。

【0009】以上の観点から考えた場合に、上記公知技術には以下の課題が存在する。すなわち、公知技術①②の気水分離システムにおいては、気水分離器の性能向上（水の分離量を維持しつつ圧力損失を低減すること）のみが図られており、蒸気乾燥器の性能向上（液滴の捕集量増加又は圧力損失の低減）は図られていない。

【0010】また公知技術③の波板においては、波板の

角度が可変となる構造であるが、この角度と液滴捕集量との関係が考察されておらず、液滴捕集量を増加させるための具体的手段が開示されていない。また公知技術④の波板においては、上記c)に関する液滴捕集量増加が図られているものの、ポケット部における再飛散のみが考慮されそれ以外の部分における再飛散が配慮されておらず、流路における再飛散抑制の手段としては不十分である。

【0011】本発明の第1の目的は、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させ、全体としての性能向上を図れる蒸気乾燥器及びこれを用いた気水分離システム並びに湿分分離器を提供することである。

【0012】本発明の第2の目的は、多孔板における再飛散を抑制することにより液滴捕集量の増加を図れる蒸気乾燥器及びこれを用いた気水分離システム並びに湿分分離器を提供することである。

【0013】本発明の第3の目的は、相対的に小径である液滴の捕集を可能とすることにより液滴捕集量の増加を図れる蒸気乾燥器及びこれを用いた気水分離システム並びに湿分分離器を提供することである。

【0014】本発明の第4の目的は、捕集流路における再飛散を十分に抑制することにより液滴捕集量の増加を図れる蒸気乾燥器及びこれを用いた気水分離システム並びに湿分分離器を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記第1及び第3の目的を達成するために、本発明の第1の概念によれば、供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた蒸気乾燥器エレメントが複数個設けられている蒸気乾燥器において、前記蒸気乾燥器エレメントは、前記捕集流路の上流部分に設けられ前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段と、前記捕集流路の下流部分に設けられ相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0016】また、上記第1及び第3の目的を達成するために、本発明の第2の概念によれば、供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた第1及び第2の蒸気乾燥モジュールを有しかつ前記第1の蒸気乾燥モジュールの下流側に前記第2の蒸気乾燥モジュールが直列に接続されて一連の流路をなす蒸気乾燥器エレメントが、複数個設けられている蒸気乾燥器において、前記第1の蒸気乾燥モジュールは前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段を有し、かつ前記第2の蒸気乾燥モジュールは相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段を有することを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0017】さらに、上記第1及び第3の目的を達成するために、本発明の第3の概念によれば、供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折し

た複数の捕集流路を備えた少なくとも1組の蒸気乾燥モジュールを有しかつ供給された湿り蒸気を除湿する一連の流路をなす蒸気乾燥器エレメントが、複数個設けられている蒸気乾燥器において、前記蒸気乾燥器エレメントのそれぞれは、前記一連の流路の上流部分に設けられ前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段と、前記一連の流路の下流部分に設けられ相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0018】また、上記第1及び第3の目的を達成するために、本発明の第4の概念によれば、湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成する誘導手段と、前記誘導手段により導かれた湿り蒸気の流量配分を行う整流手段と、前記整流手段を介し供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた蒸気乾燥器エレメントが複数個設けられている蒸気乾燥器において、前記蒸気乾燥器エレメントは、前記捕集流路の上流部分に設けられ前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段と、前記捕集流路の下流部分に設けられ相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0019】さらに、上記第1及び第3の目的を達成するために、本発明の第5の概念によれば、湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成する誘導手段と、前記誘導手段により導かれた湿り蒸気の流量配分を行う整流手段と、前記整流手段を介し供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた第1及び第2の蒸気乾燥モジュールを有しかつ前記第1の蒸気乾燥モジュールの下流側に前記第2の蒸気乾燥モジュールが直列に接続されて一連の流路をなす蒸気乾燥器エレメントが、複数個設けられている蒸気乾燥器において、前記第1の蒸気乾燥モジュールは前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段を有し、かつ前記第2の蒸気乾燥モジュールは相対的に小さな液滴を捕集する第2の捕集手段を有することを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0020】また、上記第1及び第3の目的を達成するために、本発明の第6の概念によれば、湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成する誘導手段と、前記誘導手段により導かれた湿り蒸気の流量配分を行う整流手段と、前記整流手段を介し供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される少なくとも一部分が曲折した複数の捕集流路を備えた少なくとも1組の蒸気乾燥モジュールを有しかつ供給された湿り蒸気を除湿する一連の流路をなす蒸気乾燥器エレメントが、複数個設けられている蒸気乾燥器において、前記蒸気乾燥器エレメントのそれぞれは、前記一連の流路の上流部分に設けられ前記湿り蒸気中の相対的に大きな液滴を捕集する第1の捕集手段と、前記一連の流路の下流部分に設けられ相対的に小さな液滴を捕集する

第2の捕集手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0021】好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記複数の捕集流路は、少なくとも一部分が曲折した複数の板状部材によって形成されていることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0022】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記捕集流路は、互いに平行に配置されたジグザグ形状の複数の波板によって形成されていることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0023】さらに好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における蒸気流の速度を、前記第1の位置における蒸気流の速度よりも大きくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0024】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路の断面積を、前記第1の位置における前記捕集流路の断面積よりも小さくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0025】さらに好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路の水平方向の幅を、前記第2の位置における前記捕集流路の水平方向の幅よりも狭くする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0026】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路の水平方向の幅を前記第1の位置における前記捕集流路の水平方向の幅と同一とするとともに、前記第2の位置における前記捕集流路の数を前記第1の位置における前記捕集流路の数よりも少なくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0027】さらに好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路を形成する複数の板状部材のそれぞれの間隔を前記第1の位置における前記捕集流路を形成する複数の板状部材のそれぞれの間隔と同一とするとともに、前記第2の位置における前記板状部材の数を前記第1の位置における前記板状部材の数よりも少なくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0028】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第2の捕集手段が設けられている第2の蒸気乾燥モジュールの前記捕集流路の流れ方向と直交する方向における幅を、前記第1の蒸気乾燥モジュールの前記捕集流路の流れ方向と直交する方

向における幅よりも狭くすることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0029】さらに好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路の上下方向の高さを、前記第2の位置における前記捕集流路の上下方向の高さよりも小さくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0030】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置における1つの捕集流路を、前記第1の位置よりも下流側の第2の位置において流れ方向に2つの捕集流路に分割する手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0031】さらに好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第1の蒸気乾燥モジュールは複数組設けられており、かつ、前記第2の捕集手段は、複数組の前記第1の蒸気乾燥モジュールの下流側に1つの前記第2の蒸気乾燥モジュールを直列に接続することにより、前記第2の蒸気乾燥モジュールの前記第2の捕集手段が設けられた第2の位置における蒸気流の速度を前記第1の蒸気乾燥モジュールの前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置における蒸気流の速度よりも大きくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0032】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、流れ方向に向かって前記捕集流路の上下方向の高さが減少するように前記捕集流路内に流れ方向に傾斜して配接された仕切板であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0033】さらに好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記捕集流路内には前記捕集流路内に突出して液滴を捕集する複数のポケットが設けられており、かつ、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置に設けられた前記ポケットの水平断面における幅を、前記第1の位置に設けられた前記ポケットの水平断面における幅よりも広くする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0034】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記捕集流路内には前記捕集流路内に突出して液滴を捕集するポケットを形成する複数の略L字型部材が設けられており、かつ、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置に設けられた前記略L字型部材の前記捕集流路への突出長さを、前記第1の位置に設けられた前記略L字型部材の前記捕集流路への突出長さよりも大きくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0035】さらに好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記捕集流路内には前記捕集流路内に突出して流れを制限する複数の絞り部材が設けられており、かつ、前

13

記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置に設けられた前記絞り部材の水平断面における厚さを、前記第1の位置に設けられた前記絞り部材の水平断面における厚さよりも厚くする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0036】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記捕集流路を形成する複数の板状部材のそれぞれの中心線間隔を前記第1の位置における前記捕集流路を形成する複数の板状部材のそれぞれの中心線間隔と同一とするとともに、前記第2の位置における前記板状部材の厚さを前記第1の位置における前記板状部材の厚さよりも厚くすることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0037】さらに好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記捕集流路は互いに平行に配置されたジグザグ形状の複数の波板によって形成されており、かつ、前記第2の捕集手段は、前記第1の捕集手段が設けられた第1の位置よりも下流側の第2の位置における前記波板の曲がり部のなす角度を、前記第1の位置における前記波板の曲がり部のなす角度よりも小さくする手段であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0038】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記捕集流路内に突出して液滴を捕集するポケットを形成する複数の略L字型部材が前記波板の曲がり部に設けられていることを特徴とする沸蒸気乾燥器が提供される。

【0039】さらに、上記第1及び第4の目的を達成するために、本発明の第7の概念によれば、供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される複数の捕集流路を備えた蒸気乾燥器において、前記捕集流路は、それぞれが複数箇所の凹凸部を備えかつ互いに平行に配置されたジグザグ形状の複数の波板によって形成されていることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0040】また、上記第1及び第4の目的を達成するために、本発明の第8の概念によれば、湿り蒸気の流れを誘導する誘導手段と、前記誘導手段により導かれ供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される複数の捕集流路とを有する蒸気乾燥器において、前記捕集流路はジグザグ形状の複数の波板によって形成されるとともに高さ方向に複数段に分割されており、かつ、前記複数段のそれぞれの段は、前記複数の波板の下方に位置し前記複数の波板で捕集された液滴を収集する収集手段と、前記収集手段で収集された液滴を排出する排出手段とを有することを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0041】好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記複数の波板のそれぞれは互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成しているとともに、前記それぞれの波板に設けられた複数の曲がり部のそれぞれ

14

のなす角度はすべて同一であり、かつ、前記複数段のそれぞれの段における前記曲がり部のなす角度は最下段が最小であり上段になるほど大きくなるように構成されていることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0042】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記複数の波板のそれぞれは、互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成するとともに複数箇所の凹凸部を備えていることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0043】さらに好ましくは、上記第1及び第3並びに第4の目的を達成するために、前記蒸気乾燥器において、前記複数の波板のそれぞれは互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成しており、かつ、前記それぞれの波板に設けられた複数の曲がり部のそれぞれのなす角度は、流れ方向に下流側の位置であるほど小さくなっていることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0044】また、上記第1及び第2の目的を達成するために、本発明の第9の概念によれば、湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成する誘導手段と、複数の開口部を有し前記誘導手段により導かれた湿り蒸気の流量配分を行う整流手段と、前記整流手段を介し供給された湿り蒸気中の液滴が捕集される複数の捕集流路を形成する少なくとも一部分が曲折した複数の板状部材とを有する蒸気乾燥器において、前記複数の開口部のうち少なくとも1つの開口部の前記誘導手段側に、前記1つの開口部の外周を取り囲む突起を設けたことを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0045】好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記複数の板状部材の下方に位置し前記捕集された液滴を収集する第1の収集手段と、前記整流手段の下方に位置し前記整流手段を流下する液膜を収集する第2の収集手段とを設けたことを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0046】また好ましくは、前記蒸気乾燥器において、前記複数の板状部材の下方に位置し前記捕集された液滴を収集する第1の収集手段と、前記整流手段の下方に位置し前記整流手段を流下する液膜を収集する第2の収集手段と、前記第1の収集手段と前記第2の収集手段とに接続され前記収集された液滴を排出する排出手段とを設けたことを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0047】さらに好ましくは、上記第1～第3の目的を達成するために、前記蒸気乾燥器において、前記複数の板状部材のそれぞれは互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成する波板であり、かつ、前記それぞれの波板に設けられた複数の曲がり部のそれぞれのなす角度は、流れ方向に下流側の位置であるほど小さくなっていることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0048】また好ましくは、前記第1及び第2並びに

第4の目的を達成するために、前記蒸気乾燥器において、前記複数の板状部材のそれぞれは、互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成するとともに複数の箇所の凹凸部を備えた波板であることを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0049】さらに上記第1～第4の目的を達成するために、本発明の第10の概念によれば、気水分離器より供給された湿り蒸気から液滴を除去する蒸気乾燥器において、重量パーセントで10%を超える含水率の湿り蒸気を取り入れて、重量パーセントで0.1%以下の含水率の蒸気を放出する液滴捕集手段を有することを特徴とする蒸気乾燥器が提供される。

【0050】また、上記第1～第4の目的を達成するために、本発明の第11の概念によれば、炉心で発生した水・蒸気の混合物を蒸気と水とを分離する気水分離器と、前記気水分離器から出た湿り蒸気から液滴を除去する蒸気乾燥器とを有する気水分離システムにおいて、前記蒸気乾燥器は、上記蒸気乾燥器であることを特徴とする気水分離システムが提供される。

【0051】さらに、上記第1～第4の目的を達成するために、本発明の第12の概念によれば、炉心で発生した水・蒸気の混合物を蒸気と水とに分離する気水分離器と、前記気水分離器より供給された湿り蒸気から液滴を除去する蒸気乾燥器とを有する気水分離システムにおいて、前記気水分離器は、重量パーセントで10%を超える含水率の前記湿り蒸気を送出しつつ圧力損失を低減する圧力損失低減手段を有し、かつ、前記蒸気乾燥器は、重量パーセントで10%を超える含水率の湿り蒸気を取り入れて重量パーセントで0.1%以下の含水率の蒸気を放出する液滴捕集手段を有することを特徴とする気水分離システムが提供される。

【0052】また、上記第1及び第3の目的を達成するために、本発明の第13の概念によれば、相互に所定の間隔を隔てて配設されジグザグ形状の流路を形成する複数の波板を有する波板型の湿分分離器において、前記複数の波板のそれぞれに設けられた複数の曲がり部のそれぞれのなす角度は、流れ方向に下流側の位置であるほど小さくなっていることを特徴とする湿分分離器が提供される。

【0053】好ましくは、前記湿分分離器において、前記曲がり部に、前記流路内に突出して液滴を捕集するポケットを形成する略L字型部材が設けられていることを特徴とする湿分分離器が提供される。

【0054】さらに、上記第1及び第4の目的を達成するために、本発明の第14の概念によれば、相互に所定の間隔を隔てて配設されジグザグ形状の流路を形成する複数の波板を有する波板型の湿分分離器において、前記複数の波板のそれぞれは、互いに平行に配置されてジグザグ形状の前記捕集流路を形成するとともに複数の箇所の凹凸部を備えていることを特徴とする湿分分離器が提供

される。

【0055】

【作用】以上のように構成した本発明の第1～第6の概念の蒸気乾燥器においては、第1の捕集手段で相対的に大きな液滴を捕集し、下流側の第2の捕集手段で相対的に小さな液滴を捕集する。すなわち、捕集流路では、一般に慣性力の大きい粒子ほど旋回半径が大きく小回りできない、すなわち壁面に衝突しやすいという性質を利用し、液滴と蒸気との慣性力の差を利用して液滴のみの捕集を行うが、この液滴の有する慣性力の大きさは、液滴粒径の2乗・蒸気流速の3乗に比例し流路の曲率半径に反比例する。よって、流路の全区間において蒸気流の速度・流路の曲率半径が同じであれば、捕集できる液滴は液滴の粒径のみに依存し、相対的に大きな液滴は捕集される（第1の捕集手段）が一方で相対的に小さな液滴は捕集されず通過してしまう。しかしながら、このとき流路の下流部分において、蒸気流の速度を増加させ又は流路の曲率半径を小さくし慣性力を増加させる手段あるいは流路構成を変えて直接液滴の相対的旋回半径を大きくする手段（第2の捕集手段）を設けることにより、このような相対的に小さな液滴であっても捕集流路壁面に衝突させて捕集することができる。またこのとき、上流下流の全区間にわたってかかる手段を設ける場合には大幅な圧力損失を招く。しかしながら本発明においてはかかる手段を下流部分にのみ設ける（第2の捕集手段）ことにより圧力損失の増加はわずかで済む。よって、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができる。さらに上流下流の全区間にわたってかかる手段を設ける場合には、専ら上流側で液滴が捕集されることから捕集液滴による液膜が成長し、蒸気流中に液滴が再飛散するおそれがある。しかしながら本発明においてはかかる手段を下流部分にのみ設ける（第2の捕集手段）ことにより、相対的に大きな液滴は上流側へ相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集されるので、かかる再飛散が抑制される。

【0056】このような第2の捕集手段の構成例として、蒸気流の速度を増加させる例としては、捕集流路の断面積を小さくする構成がある。ひとつの捕集流路内に第1の捕集手段と第2の捕集手段とを設ける場合には、捕集流路の水平方向の幅を狭くする構成、捕集流路の上下方向の高さを小さくする構成があり、さらにそのための具体的構成として、捕集流路内に仕切板を設ける構成、捕集流路内の液滴捕集ポケットの幅を広くする又は略L字型部材の突出長さを大きくする構成、捕集流路内の絞り部材の厚さを厚くする構成、同一間隔の板状部材の厚さを厚くする構成がある。第1の蒸気乾燥モジュールに第1の捕集手段を設けその下流側の第2の蒸気乾燥モジュールに第2の捕集手段を設ける場合には、前述のものに加えて、捕集流路の断面積を小さくする構成として下流側の第2の蒸気乾燥モジュールで同一

17

幅の捕集流路数又は同一間隔の板状部材数又は蒸気乾燥モジュール幅自体を減らす構成があり、その他に蒸気流の速度を増加させる例として、上流側の複数の第1の蒸気乾燥モジュールの下流側に1つの第2の蒸気乾燥モジュールを直列に接続する構成がある。また、捕集流路の断面積を小さくして相対的に蒸気流の速度を増加させるとともに流路の曲率半径を小さくする例としては、ひとつの捕集流路内に第1・第2の捕集手段を設ける場合と第1・第2の蒸気乾燥モジュールにそれぞれ第1・第2の捕集手段を設ける場合との両方の場合において、波板の曲がり部のなす角度を下流側で小さくする構成（さらに液滴捕集ポケットを形成する略し字型部材を設ける場合を含む）がある。さらに、液滴の相対的旋回半径を大きくする例としては、ひとつの捕集流路内に第1の捕集手段と第2の捕集手段とを設ける場合で、1つの捕集流路を流れ方向に2つの捕集流路に分割する構成がある。また以上における捕集流路の構成例として、少なくとも一部分が曲折した複数の板状部材によって形成される例、互いに平行に配置されたジグザグ形状の複数の波板によって形成される例がある。

【0057】また、本発明の第7の概念の蒸気乾燥器においては、捕集流路が、複数箇所の凹凸部を備えた複数の波板によって形成されていることにより、捕集された液滴によって波板上に形成される液膜の厚さ分布を調整する。すなわち、飛来してきた液滴が波板上の液膜に入射することにより液膜が液滴として再飛散する量は、液膜厚さ＝入射液滴径のときに最も多くなるが、波板に設けられた凹凸部において、凹部に形成される液膜厚さは入射液滴径よりも大きく凸部に形成される液膜厚さは小さくなり、凹部からも凸部からも液滴の再飛散が抑制されるので、結果として、凹部（ポケット部）からの再飛散のみを抑制する従来技術よりも十分に捕集流路における再飛散を抑制しこれによるキャリーオーバーを抑制することができる。

【0058】さらに、本発明の第8の概念の蒸気乾燥器においては、複数の捕集流路を高さ方向に複数段に分割するとともに、各段に設けられた収集手段で液滴を収集し、排出手段でこれらの液滴を排出することにより、各段における波板で捕集され波板上を流下する液膜は長距離を流下することなく、比較的短い距離を流下するだけで素早くその段の収集手段に収集され排出手段で排出される。すなわち、波板を流下中に蒸気流中の液滴が入射することで再飛散しキャリーオーバーするのを抑制できる。

【0059】また、波板の曲がり部のなす角度を上段ほど大きくすることにより、蒸気流の導入方向に近い下段は蒸気流に対する入口抵抗が大きい一方、蒸気流の導入方向から遠い上段は蒸気流に対する入口抵抗が小さく湿り蒸気が導かれやすくなるので、高さ方向の流量配分の均一化を図ることができる。さらに、波板の曲がり部の

18

なす角度を流れ方向に下流側ほど小さくすることにより、相対的に蒸気流の速度を増加させるとともに流路の曲率半径を小さくして液滴の慣性力を増加させ、下流側では、上流側波板で捕集できなかった小径の液滴の捕集をも可能となる。また、波板に複数箇所の凹凸部が設けられていることにより、凹部又は凸部に形成される液膜の厚さ分布を調整し、捕集流路からの液滴の再飛散を十分に抑制する。

【0060】さらに、本発明の第9の概念の蒸気乾燥器においては、整流手段の開口部の誘導手段側に突起を設けることにより、整流手段に付着した液滴が液膜となって流下する際に、開口部付近で再飛散しキャリーオーバーするのを抑制する。

【0061】また、複数の板状部材で捕集された液滴は下方の第1の収集手段によって収集されるとともに、整流手段を流下する液膜は下方の第2の収集手段によって収集され、これらは、第1の収集手段及び第2の収集手段に接続する排出手段によって排出される。さらに、波板の曲がり部のなす角度を流れ方向に下流側ほど小さくすることにより、相対的に蒸気流の速度を増加させるとともに流路の曲率半径を小さくして液滴の慣性力を増加させ、下流側では、上流側波板で捕集できなかった小径液滴の捕集も可能となる（このとき、流れの乱れ等により上流側で捕集されなかった大径液滴も捕集される）。また、波板に複数箇所の凹凸部が設けられていることにより、凹部又は凸部に形成される液膜の厚さ分布を調整し、捕集流路からの液滴の再飛散を十分に抑制する。

【0062】また、本発明の第10の概念の蒸気乾燥器においては、液滴捕集手段によって、重量パーセントで10%を越える含水率の湿り蒸気を取り入れるとともに、含水率を0.1%以下に低減して放出する。

【0063】さらに、本発明の第11の概念の気水分離システムにおいては、上記の蒸気乾燥器を有することにより、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができる。

【0064】また、本発明の第12の概念の気水分離システムにおいては、気水分離器に設けた圧力損失低減手段によって気水分離器における圧力損失を低減し、蒸気乾燥器に設けた液滴捕集手段によって重量パーセントで10%を越える含水率の湿り蒸気を取り入れ含水率を0.1%以下に低減し放出する。

【0065】さらに、本発明の第13の概念の湿分分離器においては、波板の曲がり部のなす角度を流れ方向に下流側ほど小さくすることにより、相対的に蒸気流の速度を増加させるとともに流路の曲率半径を小さくして液滴の慣性力を増加させ、下流側で、上流側波板で捕集できなかった小径液滴の捕集をも可能となる。さらにこのとき液滴捕集ポケットを形成する略し字型部材を設ける構成例もある。

【0066】また、本発明の第14の概念の湿分分離器

においては、波板に複数箇所の凹凸部が設けられていることにより、凹部又は凸部に形成される液膜の厚さ分布を調整し、捕集流路からの液滴の再飛散を十分に抑制しキャリーオーバーを抑制する。

【0067】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1～図23により説明する。本発明の第1の実施例を図1～図5により説明する。電力発生目的に使用される典型的な沸騰水型原子炉の構造を図2に示す。図2に示す沸騰水型原子炉において、冷却材である水は、炉心2の下方に位置する炉心下部プレナム1より炉心2に流入し、炉心2を構成する燃料集合体から熱が伝達され蒸気・水の混合物となって、炉心上部プレナム3に入る。そして、炉心上部プレナム3上方において機械的な気水分離器4（例えば三段式軸流遠心式分離器）に流入し、気水分離器4によって蒸気と水とに分離される。気水分離器4は、炉心上部プレナム3を覆うシュラウドヘッド9上に炉心上部プレナム3と連通するように固定されたスタンドパイプ10の上端に取り付けられている。

【0068】気水分離器4の頂部から放出された液滴を含む湿り蒸気は、湿り蒸気プレナム13を経て波板ベーン式の蒸気乾燥器14へと導かれ、液滴が除去される。蒸気乾燥器14で水分を除去された蒸気は、主蒸気系20等の管路を通して輸送され蒸気駆動タービンやその他の装置において利用される。このとき一般に、蒸気乾燥器14は、含水率が0.1（重量）%以下である蒸気を主蒸気系20へ送り出すことが要求される。

【0069】一方、気水分離器4で除去された水や、蒸気乾燥器14で分離された液滴は、炉心2の外周部に環状に設けられた炉心シュラウド5と圧力容器6との間の下降流路（ダウンカマ）7を流れて炉心下部プレナム1へ戻る。このとき、強制循環式の沸騰水型原子炉においては、炉心シュラウド5の外側の流路に何らかのポンプ駆動機構8が設置され、このポンプ駆動機構8によって炉心下部プレナム1内を昇圧し冷却材である水を駆動する。

【0070】本実施例は、液滴を除去する蒸気乾燥器14の構成に係わるものであって、以下詳細に説明する。本実施例の蒸気乾燥器の全体構造を図3に示す。図3において、本実施例の蒸気乾燥器は、気水分離器（図示せず）の上方に配置されたスカート201と、スカート201上に複数個（本実施例では6個）設けられた蒸気乾燥器エレメント200とを有する。

【0071】本実施例の蒸気乾燥器エレメント200の平面構造を図1に示す。図1において、蒸気乾燥器エレメント200は、湿り蒸気12の流れを誘導する流路を形成するフードプレート15と、フードプレート15により導かれた湿り蒸気12の流量配分を行う多孔板16aと、多孔板16aを介し供給された湿り蒸気12中の液滴が捕集される複数の捕集流路267を形成する複数

の波板217とを備えている。

【0072】波板217のそれぞれは互いに平行に配置されており、ジグザグ形状の捕集流路267を形成している。捕集流路267内には、捕集流路267内に突出して液滴を捕集するドレンポケット280a～hを形成する複数の略L字型の液滴分離板277a～hが設けられており、各液滴分離板の捕集流路267への突出長さは、下流側の液滴分離板277e～hの突出長さ l_2 のほうがそれより上流側の液滴分離板277a～dの突出長さ l_1 よりも大きくなっている。すなわち、各液滴分離板277a～hの形成するドレンポケット280a～hの水平断面における幅は、下流側のドレンポケット280e～hの幅 d_2 のほうがそれより上流側のドレンポケット280a～dの幅 d_1 よりも大きくなっており、その分だけ下流側は捕集流路267の水平方向の幅が狭くなり捕集流路267の断面積が小さくなっている。

【0073】次に、本実施例の作用を図4及び図5を用いて説明する。本実施例に対する第1の比較例として、従来技術の蒸気乾燥器の蒸気乾燥器エレメント201を図4に示す。本実施例と共通の部材については共通の番号で示す。図4において、本比較例の蒸気乾燥器エレメント201が本実施例の蒸気乾燥器エレメント200と異なる点は、捕集流路268内に設けられた略L字型の液滴分離板278a～hの捕集流路268への突出長さがすべて同じ大きさであり、その大きさは本実施例の蒸気乾燥器エレメント200の上流側の液滴分離板277a～dの突出長さ l_1 と等しいことである。すなわち、各液滴分離板278a～hの形成するドレンポケット281a～hの水平断面における幅は、本実施例の蒸気乾燥器エレメント200の上流側のドレンポケット280a～dの幅 d_1 に等しい。

【0074】また本実施例に対する第2の比較例として、従来技術の蒸気乾燥器の蒸気乾燥器エレメント202を図5に示す。本実施例と共通の部材については共通の番号で示す。図5において、本比較例の蒸気乾燥器エレメント202が本実施例の蒸気乾燥器エレメント200と異なる点は、捕集流路269内に設けられた略L字型の液滴分離板279a～hの捕集流路269への突出長さがすべて同じ大きさであり、その大きさが本実施例の蒸気乾燥器エレメント200の下流側の液滴分離板277e～hの突出長さ l_2 と等しいことである。すなわち、各液滴分離板279a～hの形成するドレンポケット282a～hの水平断面における幅は、本実施例の蒸気乾燥器エレメント200の下流側のドレンポケット280e～hの幅 d_2 に等しい。

【0075】以上において、本実施例・第1及び第2の比較例におけるそれぞれの捕集流路では、一般に慣性力の大きい粒子ほど旋回半径が大きく小回りできない、すなわち壁面に衝突しやすいという性質を利用し、液滴と蒸気との慣性力の差を利用して液滴のみの捕集を行う。

この液滴の有する慣性力の大きさは、液滴粒径の2乗・蒸気流速の3乗に比例し流路の曲率半径（これは捕集流路の構造によって決まる）に反比例する。よって、流路の全区間において蒸気流の速度・流路の曲率半径が同じであれば、捕集できる液滴は液滴の粒径のみに依存し、相対的に大きな液滴は捕集されるが一方で相対的に小さい液滴は捕集されず通過してしまう。いま、図4に示す第1の比較例の蒸気乾燥器エレメント201（ドレンポケットの幅 d_1 ）において捕集できる液滴の最小粒径を d_{p1} とすると、この蒸気乾燥器エレメント201において d_{p1} より小さな粒径の液滴は捕集されない。このことは同一のドレンポケットの幅 d_1 を有する図1の本実施例の蒸気乾燥器エレメント200の上流側にもあてはまる。すなわち、液滴分離板277a~eの形成するドレンポケット280a~eにおいては d_{p1} より小さな粒径の液滴は捕集されない。しかしながら、本実施例の蒸気乾燥器エレメント200においては、下流部分において、液滴分離板277e~hの形成するドレンポケット280e~hの幅 d_2 を上流側のドレンポケット280a~dの幅 d_1 よりも大きくすることにより、その分だけ下流側は捕集流路267の水平方向の幅が狭くなり断面積が小さくなっている。これによって下流側は相対的に蒸気流の速度が増加することとなり、粒径が d_{p1} より小さいことによる慣性力の減少を補って液滴の慣性力を増加させる。よって d_{p1} より小さな粒径の液滴をも捕集することができる（このとき粒径 d_{p1} 以上のもので流れの乱れ等によって上流側で捕集されなかったものも含まれる）。すなわち、捕集流路267の上流部分は、湿り蒸気12中の相対的に大きな液滴を捕集し、これに対し捕集流路267の下流部分は、相対的に小さな液滴を捕集することができる。

【0076】ここで、上記のようにして本実施例の蒸気乾燥器エレメント200で捕集できる液滴の最小粒径を d_{p2} （ $< d_{p1}$ ）とすると、同一のドレンポケット幅 d_2 を有する図5の第2の比較例の蒸気乾燥器エレメント202においても捕集できる液滴の最小粒径は d_{p2} となる。すなわち、蒸気乾燥器エレメント202では、捕集流路269の断面積は、上流・下流全区間にわたって本実施例の蒸気乾燥器エレメント200の捕集流路267の下流側の断面積と同一であり、かつ同一の蒸気流速となる。よって小径の液滴にもより大きい慣性力を与えることができ d_{p2} 未満の粒径の液滴をも捕集することができるので、捕集量に関しては本実施例の蒸気乾燥器エレメント200とほぼ等しくなり、第1の比較例に比して液滴捕集量が増加する。ところが、第2の比較例の蒸気乾燥器エレメント202にあつては、すべてのドレンポケット282a~hの幅が d_2 、すべての液滴分離板279a~hの突出長さが l_2 であつて、それぞれ第1の比較例における d_1 、 l_1 より大きいので捕集流路断面積が大きく減少し大幅な圧力損失を招く。一方で本実

施例の蒸気乾燥器エレメント200にあつては、下流側は第2の比較例と同様であるが上流側についてはドレンポケット280a~eの幅は d_1 液滴分離板277a~eの突出長さは l_1 であつて第2の比較例における d_2 、 l_2 よりも小さい。したがってその分本実施例は第1の比較例からの圧力損失の増加はわずかで済む。また第2の比較例の場合は、相対的に大きな液滴も相対的に小さな液滴も一度に捕集することとなり、しかもこの捕集は、湿り蒸気12がまず流入する上流側で集中的に行われることとなる。この場合、上流側のドレンポケット内部に成長する液膜が厚くなり、液膜表面における蒸気との摩擦等により蒸気流中に液滴が再飛散するおそれがある。しかしながら本実施例においては、相対的に大きな液滴は上流側へと相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集されるので、かかる再飛散が抑制される。

【0077】以上説明したように、本実施例の蒸気乾燥器によれば、蒸気乾燥器エレメント200の捕集流路267の下流部分において、液滴分離板277e~hの形成するドレンポケット280e~hの幅 d_2 を上流側のドレンポケット280a~dの幅 d_1 よりも大きくするので、液滴の慣性力は下流側ほど増加され、上流側で相対的に大きな液滴を捕集した後、下流側では相対的に小さな液滴を捕集することができる。よって、この小径液滴をも捕集できるだけ従来よりも液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき、上流下流の全区間にわたってドレンポケット280e~hの幅を d_2 とする場合よりも圧力損失の増加はわずかで済む。したがって、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができ、蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。さらに、相対的に大きな液滴は上流側へ相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集するので、捕集液滴の液膜からの再飛散を抑制できる。なお、上記実施例においては捕集流路267は複数の波板217によって形成されておりすなわち捕集流路267はジグザグ形状であつたが、この形状に限られず、捕集流路の少なくとも一部分が曲折していればよい。この場合も同様の効果を得る。また、上記実施例においては上流側の複数のドレンポケット280a~dの幅（= d_1 ）又は下流側の複数のドレンポケット280e~hの幅（= d_2 ）をそれぞれ同一とし、2段階でドレンポケットの幅を増加させたが、さらに多段階で変化させ、例えばすべてのドレンポケットの幅が異なるようにして増加させてもよい。この場合も同様の効果を得る。本発明の第2の実施例を図6により説明する。本実施例は捕集流路の構造が異なる蒸気乾燥器エレメントを有する蒸気乾燥器の実施例である。本実施例の蒸気乾燥器エレメントの捕集流路の構造を図6に示す。第1の実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図6において、本実施例における捕集流路367が第1の実施例における捕集流路267と異なる点は、捕集流路367内のドレンポケ

ット380a~hの水平断面における幅及び複数の略L字型の液滴分離板377a~hの捕集流路367への突出長さはすべて同一であり、また下流側の液滴分離板377c~377gの背面に捕集流路367内に突出して流れを制限する複数の絞り部材390c~gが設けられていること、そして、これら絞り部材390c~gの水平断面における厚さd、を下流側ほど厚くすることにより捕集流路367の下流側の水平方向の幅が狭くなり捕集流路367の断面積が小さくなっていることである。その他の構造は第1の実施例とほぼ同様である。本実施例によっても、第1の実施例と同様の効果を得る。

【0078】なお、上記実施例においては、上流側の一部のドレンポケット380a, bの背面には絞り部材を設けず下流側のドレンポケット380c~gにのみ絞り部材390c~gを設けたが、これに限られるものではなく、すべてのドレンポケットの背面に絞り部材を設け、これらの厚さを下流側にほど厚くしても良い。またこれら絞り部材の厚さもすべて異なる厚さとせず、例えばドレンポケット380c, d及びドレンポケット380e, fはそれぞれで同一の厚さとする2段階変化の構造等でも良く、この場合も同様の効果を得る。また、上記実施例のように捕集流路367内に絞り部材390c~gを設けて断面積を小さくする構造のほかにも、波板217どうしの中心線間隔は保持したまま、波板217自体の厚さを下流側ほど厚くすることによって捕集流路367の断面積を小さくする構造があり、この場合も同様の効果を得る。

【0079】本発明の第3の実施例を図7~図9により説明する。本実施例も第2の実施例同様捕集流路の構造が異なる蒸気乾燥器エレメントを有する蒸気乾燥器の実施例である。本実施例の蒸気乾燥器エレメントの捕集流路の構造を図7に示す。第1及び第2の実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図7(a)は本実施例の捕集流路467の構造であり、図7(b)は本実施例の比較例として示した従来技術の捕集流路468の構造である。図7(a)において、本実施例の捕集流路467は、それぞれ互いに平行に配置された複数の波板417によってジグザグ形状に形成されている。また波板417の4つの曲がり部417a, b, c, dそれぞれのなす角度 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ は、湿り蒸気12の流れ方向下流側(図中右側)ほど小さくなっており、すなわち、 $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3 > \theta_4$ の関係にある。但し $\theta_1 = 120^\circ$ である。一方、図7(b)において、比較例の捕集流路468は、本実施例の捕集流路467と異なり、波板418の4つの曲がり部418a~dそれぞれのなす角度が同一角度 θ ($=120^\circ$)である。

【0080】以上において、本実施例における作用を以下に説明する。捕集流路においては、第1の実施例で説明したように、液滴と蒸気との慣性力の差を利用して慣性力の大きな液滴のみを捕集する。そしてこの慣性力の

大きさは液滴粒径の2乗・蒸気流速の3乗に比例し流路の曲率半径に反比例する。

【0081】まず、本実施例の捕集流路467においては、曲がり部417a~dの角度が下流側ほど小さくなっていることにより、各曲がり部417a~dでみた捕集流路467の断面積 $A_1 \sim A_4$ は $A_1 > A_2 > A_3 > A_4$ となって下流側ほど小さくなる。よって下流側ほど蒸気流の速度が大きくなる。またこれに加え、下流側の曲がり部ほど急角度で流路が曲がる構造であり、流路の曲率半径は下流側ほど小さくなる。よって、粒径が小さい液滴であっても、粒径が小さいことによる慣性力の減少を補ってこれら2つの要因が液滴の慣性力を増加させ、液滴の旋回半径が大きくなって液滴を捕集することができる。

【0082】本実施例における小径液滴の捕集作用を図8に示す。図8は、本実施例の波板417における最初の曲がり部417aの液滴捕集量を1とした場合の、各曲がり部417b~dでの液滴捕集量の相対的割合を表したものである。また同様の方法での比較例の曲がり部418a~dにおける液滴捕集量を求めた結果も併せて示す。図8において、本実施例及び比較例ともに、波板の最初の曲がり部(曲がり部417a, 418a)における液滴捕集量が最大であり、以下下流に行くに従い液滴捕集量は減少する特性を示す。ここでともに最初の曲がり部(曲がり部417a, 418a)のなす角は 120° で等しいことから、これらにおける液滴捕集量ともに1で等しい。しかしながら、比較例においては、次の曲がり部418bにおける液滴捕集量は約0.2と大きく下がり、その後の曲がり部418c, dにおいては液滴捕集量はほとんどゼロとなっている。すなわち、比較例の捕集流路468で捕集可能な液滴(すなわち相対的に大きな液滴)は初めの2つの曲がり部418a, bのみでほとんど捕集されており、以降の曲がり部418c, dは十分に捕集機能を果たしていない。これに対し本実施例においては、比較例の結果と比べ、曲がり部417bで液滴捕集量が Δm_2 だけ増加して約0.35、以降の曲がり部417c及び417dにおいても、捕集が有効に行われる結果それぞれ $\Delta m_3, \Delta m_4$ だけ増加して約0.15及び0.1となっている。すなわち、本実施例においては全体として $\Delta m_2 + \Delta m_3 + \Delta m_4$ だけ液滴捕集量が増加していることが分かる。

【0083】次に、このように液滴捕集量が増加する本実施例における、圧力損失の増減について図9により説明する。本実施例に対する参考例として、図7(b)に示した波板と同様、4つの曲がり部(各曲がり部とも同一角度 θ)を有する3種類の並板A~Cに対し、空気を流し流速と圧力損失との関係を求めた結果を図9に示す。曲がり部の角度 θ は、波板Aが $\theta = 90^\circ$ 、波板Bが $\theta = 120^\circ$ 、波板Cが $\theta = 150^\circ$ である。図9において、すべての波板A~Cにおいて流速の増加と共に圧力損失

は増大するが、角度が小さいほど圧力損失が大きい傾向を示し、波板Aの圧力損失は、波板Bの圧力損失の約2.5倍となっている。すなわち、角度 θ を 120° から 90° に小さくすることにより圧力損失は約2.5倍となる。ここでこの参考例は空気流による圧力損失であるが、湿り蒸気の流れにおいても定性的には同様の傾向であると思われる。

【0084】ここで、図7(a)に示した本実施例の捕集流路467においては、波板417の下流側ほど曲がり部のなす角度が小さくなっている($\theta = \theta_1 > \theta_2 > \theta_3 > \theta_4$)ことから、すべての曲がり部の角度が同一(θ)である図7(b)の比較例に比し圧力損失がやや増加することが予想される。しかしながら、第1の実施例と同様の観点で考察すると、すべての曲がり部の角度を θ_1 とした場合は、本実施例とほぼ同一の液滴捕集量を得ることができるものの、図7(b)の比較例よりも大幅な圧力増加が予想される。よってこの場合に比べれば、本実施例において、比較例からの圧力損失の増加はわずかで済む。また第1の実施例と同様、すべての曲がり部の角度を θ_1 とした場合には、相対的に大きな液滴と相対的に小さな液滴とを一度に捕集するので液滴が再飛散するおそれがあるが、本実施例においては、相対的に大きな液滴は上流側へ相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集されるので、かかる再飛散が抑制される。

【0085】以上説明したように、本実施例の蒸気乾燥器においては、捕集流路467の下流部分において、曲がり部417a~dの角度 $\theta_1 \sim \theta_4$ が下流側ほど小さくなっているため、捕集流路467の断面積 $A_1 \sim A_4$ が下流側ほど小さくなって蒸気流の速度が増加され、またこれに加えて流路の曲率半径が下流側ほど小さくなるので、液滴の慣性力は下流側ほど増加され、上流側である相対的に大きな液滴を捕集した後下流側で相対的に小さな液滴を捕集することができる。よって、この小径液滴をも捕集できる分だけ従来よりも液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき、上流下流の全区間にわたって曲がり部のなす角度を θ_1 とする場合よりも圧力損失の増加はわずかで済む。したがって、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができ蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。さらに、相対的に大きな液滴は上流側へ相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集されるので、捕集液滴の液膜からの再飛散を抑制できる。また、例えば、火力プラント若しくは原子力プラント等において湿り蒸気中の液滴を除去する目的で設置される湿分分離器においても、蒸気乾燥器と同様の波板式ペーンが用いられ、本実施例の波板417の形状をそのまま適用することができ、この場合も小径液滴をも捕集可能であることにより圧力損失を大幅に増やすことなく液滴捕集量を増加でき、全体として性能向上を図ることができる湿分分離

器を提供することができる。

【0086】本発明の第4の実施例を図10により説明する。本実施例は第3の実施例と同様捕集流路の構造が異なる蒸気乾燥器エレメントを有する蒸気乾燥器の実施例である。本実施例の蒸気乾燥器エレメントの捕集流路の構造を図10に示す。第3の実施例と共通の部材については共通の番号で示す。図10において、本実施例の捕集流路567において、第3の実施例と異なる点は、波板417の曲がり部417a~417dに、捕集流路567内に突出して複数の略L字型の液滴分離板577a~dが設けられ、それぞれが液滴を捕集するドレンボケット580a~dを形成していることである。また、波板417の出口側端部は折り畳まれて液滴分離板577eが設けられ、ドレンボケット580eが形成されている。その他の構造は、第3の実施例とほぼ同様である。

【0087】本実施例によっても、第3の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0088】また、第3の実施例と同様、湿分分離器に本実施例の波板417の形状をそのまま適用することができ、この場合も小径液滴をも捕集可能であることにより圧力損失を大幅に増やすことなく液滴捕集量を増加でき、全体として性能向上を図ることができる湿分分離器を提供することができる。

【0089】本発明の第5の実施例を図11により説明する。本実施例は、捕集流路の断面積が流れ方向に変化する蒸気乾燥器エレメントを有する蒸気乾燥器の実施例である。本実施例の蒸気乾燥器エレメント600の鉛直断面を図11に示す。第1~第4の実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図11において、蒸気乾燥器エレメント600は、気水分離器(図示せず)からの湿り蒸気12の流れを誘導するフードプレート15と、複数の開口部を有しフードプレート15により導かれた湿り蒸気12の流量配分を行う多孔板16aと、多孔板16aを介し供給された湿り蒸気12中の液滴が捕集される複数の捕集流路667を形成する少なくとも一部が曲折した複数の板17と、板17のさらに下流側に配置され多孔板16aとの組み合わせで湿り蒸気12の捕集流路667内における流量配分を行う多孔板16bと、各捕集流路667内に流れ方向に傾斜して配接された仕切板630a,bとを有する。

【0090】本実施例の捕集流路667においては、仕切板630a,bを設けることにより、流れ方向に向かって下流側の捕集流路667の上下方向の高さが L_1 から L_2 へと小さくなり、捕集流路667の断面積が小さくなっている。よって、仕切板を設けず捕集流路の高さが L_1 で一定である場合に比べて下流側ほど蒸気流の速度が大きくなるので、相対的に小さな液滴であっても、粒径が小さいことによる慣性力の減少を補って慣性力を増加させ、下流側で捕集することができる。このとき、

27

仕切板を設けず捕集流路の高さが L_1 で一定である場合に比し圧力損失がやや増加することが予想される。一方、第1及び第3の実施例と同様の観点で考察すると、捕集流路の高さをもともと L_2 で一定とした場合は、本実施例とほぼ同一の液滴捕集量を得ることができるものの、捕集流路の高さが L_1 で一定である場合に比し大幅な圧力増加が予想される。しかし本実施例においては、この場合に比べれば、捕集流路の高さが L_1 で一定である場合からの圧力損失の増加はわずかで済む。また第1及び第3の実施例と同様、捕集流路の高さをもともと L_2 で一定とした場合には、相対的に大きな液滴と相対的に小さな液滴とを一度に捕集するので液滴が再飛散するおそれがあるが、本実施例においては、相対的に大きな液滴は上流側へ相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集されるので、かかる再飛散が抑制される。

【0091】以上説明したように、本実施例の蒸気乾燥器においては、捕集流路667の上下方向の高さが下流側ほど小さくなっているため、捕集流路667の断面積が下流側ほど小さくなって蒸気流の速度が増加し、よって液滴の慣性力が下流側ほど増加されるので、上流側である相対的に大きな液滴を捕集した後下流側で相対的に小さな液滴を捕集することができる。よって、この小径液滴をも捕集可能である分だけ従来よりも液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき、上流下流の全区間にわたって捕集流路667の高さを L_2 で一定とした場合よりも圧力損失の増加はわずかで済む。したがって、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができ蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。さらに、相対的に大きな液滴は上流側へ相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集されるので、捕集液滴の液膜からの再飛散を抑制できる。なお、上記実施例においては上部と下部の2枚の仕切板630a, bを設けたが、必ず2枚必要なわけではなくいずれか1枚でもよい。この場合も同様の効果を得る。

【0092】本発明の第6の実施例を図12により説明する。本実施例は、1つの捕集流路が流れ方向に分割される蒸気乾燥器エレメントを有する蒸気乾燥器の実施例である。本実施例の蒸気乾燥器エレメント700の平面構造を図12に示す。第1～第5の実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図12において、蒸気乾燥器エレメント700は、湿り蒸気12の流れを誘導する流路を形成するフードプレート15と、フードプレート15により導かれた湿り蒸気12の流量配分を行う多孔板16aと、多孔板16aを介し供給された湿り蒸気12中の液滴が捕集される複数の捕集流路767及び767a, bを形成する複数の波板217及び718とを備えている。

【0093】波板217は、各曲がり部において液滴分離板777a～hで液滴を捕集するドレンポケット78

28

0a～hが形成されている。一方波板718は、波板217を真ん中から半分に分割した形状とほぼ同一形状であり、その長さは波板217の約 $1/2$ であるとともに、各曲がり部において液滴分離板778e～hで液滴を捕集するドレンポケット781e～hが形成されている。またこれら各液滴分離板777a～h, 778e～hの捕集流路への突出長さはすべて同一である。

【0094】波板217と波板718とは交互に配置されており、また波板718の長さは波板217の約 $1/2$ であるので、上流側（図中左側）は波板217によって幅の広い捕集流路767が形成される一方、下流側（図中右側）は波板217及び波板718によって捕集流路767の約半分の幅となる捕集流路767a, bが形成される。いいかえれば、1つの捕集流路767が下流側において流れ方向に2つの捕集流路767a, bに分割される構造である。

【0095】以上において、本実施例の蒸気乾燥器エレメント700においては、捕集流路767が下流側で2つの捕集流路767a, bに分割されても、全体としての断面積はほとんど変わらないので蒸気流の速度はほとんど変化しない。しかしながら、下流側において波板718が設けられることにより、蒸気流中の液滴と波板壁面との距離が変化する。すなわち、上流側にあつては捕集流路767の水平断面における幅が比較的大きいことから蒸気中の液滴と壁面との距離も比較的大きい。よって上流側ではもともと相対的に粒径が大きく慣性力が相対的に大きく旋回半径が大きい液滴のみが捕集され、相対的に粒径が小さな液滴は捕集されずそのまま下流側へ流入する。ここにおいて、前述したように下流側でも流速は増加しないから液滴の慣性力は変化せず旋回半径も変化しない。しかしながら下流側では捕集流路767a, bの幅が上流側捕集流路767の約 $1/2$ となってしまうので、流路壁面にぶつからず流出するためには流路幅に対する液滴の旋回半径は $1/2$ とならなければならない。いいかえれば、液滴の捕集流路幅に対する相対的旋回半径は2倍に増加することとなり、よって相対的に粒径が小さな液滴を下流側において捕集することができる。

【0096】以上説明したように、本実施例の蒸気乾燥器においては、捕集流路767が下流側で2つの捕集流路767a, bに分割されるので、液滴の捕集流路幅に対する相対的旋回半径が2倍に増加し、よって相対的に小さな液滴を下流側において捕集することができる。すなわち上流側で相対的に大きな液滴を捕集した後下流側で相対的に小さな液滴を捕集することができる。よって、この小径液滴をも捕集可能である分だけ従来よりも液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき、上流下流の全区間にわたって捕集流路の幅を767a, bと同様の小さい幅とする場合よりも圧力損失の増加はわずかで済む。したがって、圧力損失を大幅に増加させ

ることなく液滴捕集量を増加させることができ蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。さらに、相対的に大きな液滴は上流側へ相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集されるので、捕集液滴の液膜からの再飛散を抑制できる。本発明の第7の実施例を図13により説明する。本実施例は、1つの蒸気乾燥器エレメントが2組の蒸気乾燥モジュールを備えている蒸気乾燥器の実施例である。

【0097】本実施例の蒸気乾燥器の全体構造を図13に示す。第1～第6の実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図13において、本実施例の蒸気乾燥器は、気水分離器（図示せず）の上方に配置されたスカート201と、スカート201上に複数個（本実施例では6個）設けられた蒸気乾燥器エレメント800とを有する。蒸気乾燥器エレメント800は、2組の蒸気乾燥モジュール800A、800Bとから構成される。これら蒸気乾燥モジュール800A、Bの構造はそれぞれ、上記第1～第6の実施例における蒸気乾燥器エレメント100～700にほぼ相当するが、この蒸気乾燥器エレメント100～700の2組ずつが本実施例における1つの蒸気乾燥器エレメント800を構成するので、以下、第10実施例までこのように呼ぶ。

【0098】すなわち、蒸気乾燥モジュール800A、Bはそれぞれ、湿り蒸気の流れを誘導する流路を形成するフードプレート815A又は815Bと、フードプレート815A又は815Bにより導かれた湿り蒸気12の流量配分を行う多孔板816aと、多孔板816aを介し供給された湿り蒸気12中の液滴が捕集される複数の捕集流路867A又は867Bを形成する少なくとも一部分が曲折した複数の板状部材（図示せず）とを備えている。また蒸気乾燥モジュール800Aの下流側に蒸気乾燥モジュール800Bが直列に接続され、これらは供給される湿り蒸気12の一連の除湿流路を構成している。すなわち、上流側の蒸気乾燥モジュール800Aの出口側の多孔板816bと、下流側の蒸気乾燥モジュール800Bのフードプレート815Bとが連結されており、気水分離器を出た湿り蒸気12は、まずフードプレート815Aによって多孔板816aを介し蒸気乾燥モジュール800A内の捕集流路867Aに導かれて、液滴を捕集された後に多孔板816bから流出し、引き続きフードプレート815Bによって多孔板816aを介し蒸気乾燥モジュール800B内の捕集流路867Bに導かれて、液滴を捕集された後に多孔板816bから流出する。

【0099】ここにおいて、上流側の蒸気乾燥モジュール800Aと下流側の蒸気乾燥モジュール800Bとの関係は、第1～第4実施例における上流側捕集流路と下流側捕集流路との関係にある。すなわち、第1の実施例のように蒸気乾燥モジュール800Bの捕集流路867Bにおけるドレンポケットの幅が蒸気乾燥モジュール8

00Aの捕集流路867Aにおけるドレンポケットの幅よりも大きくなっているか、第2の実施例のように蒸気乾燥モジュール800Bの捕集流路867Bにおける絞り部材の厚さが蒸気乾燥モジュール800Aの捕集流路867Aにおける絞り部材の厚さよりも大きくなっているか、第3の実施例のように蒸気乾燥モジュール800Bの捕集流路867Bにおける波板曲がり部のなす角度の大きさが蒸気乾燥モジュール800Aの捕集流路867Aにおける波板曲がり部のなす角度の大きさよりも小さくなっている（第4の実施例のようにさらにドレンポケットがついている構成を含む）。このとき、蒸気乾燥モジュール800A、800Bそれぞれの捕集流路867A又は867Bにおいては、ドレンポケットの幅、絞り部材の厚さ、又は曲がり部のなす角度はすべて同一でもよいし、あるいは、上記した条件を満たす限りにおいてそれぞれの捕集流路867A又は867B内における上流側と下流側でドレンポケットの幅、絞り部材の厚さ、又は曲がり部のなす角度が全部又は一部異なっても良い（例えば捕集流路867Aにおいて曲がり部のなす角度が 120° 、 110° 、 100° で捕集流路867Bでは 90° 、 80° 、 70° の場合等）。上記構成により、蒸気乾燥モジュール800Aと蒸気乾燥モジュール800Bとはその性能が異なり、蒸気乾燥モジュール800Aによって捕集可能な液滴の最小粒径を d_{pA} 、蒸気乾燥モジュール800Bによって捕集可能な液滴の最小粒径を d_{pB} とすると、 $d_{pA} > d_{pB}$ の関係にある。すなわち、下流側に配置された蒸気乾燥モジュール800Bは、上流側に配置された蒸気乾燥モジュール800Aで捕集した液滴よりもさらに小さい液滴をも捕集することができる構成である。

【0100】本実施例の蒸気乾燥器によれば、上流側に蒸気乾燥モジュール800A、下流側に蒸気乾燥モジュール800Bを配置し、上流側である相対的に大きな液滴を捕集し下流側で相対的に小さな液滴を捕集することができる。よって、蒸気乾燥モジュール800Bで小径液滴をも捕集可能である分だけ蒸気乾燥モジュール800Aを2つ設ける場合よりも液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき、蒸気乾燥モジュール800Bを2つ設ける場合よりも圧力損失の増加はわずかで済む。したがって、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができ蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。さらに、相対的に大きな液滴は上流側の蒸気乾燥モジュール800Aへ相対的に小さな液滴は下流側の蒸気乾燥モジュール800Bへと分離して捕集されるので、蒸気乾燥モジュール800Bを2つ設けた場合に液膜の成長によって起こり得る捕集液滴の液膜からの再飛散を抑制できる。本発明の第8の実施例を図14により説明する。本実施例も第7の実施例同様、1つの蒸気乾燥器エレメントが2組の蒸気乾燥モジュールを備えている蒸気乾燥器の実施例であ

る。

【0101】本実施例の蒸気乾燥器の全体構造を図14に示す。第1～第7の実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図14において、第7の実施例と異なる点は、上流側の蒸気乾燥モジュール900Aの捕集流路967Aと下流側の蒸気乾燥モジュール900Bの捕集流路967Bとにおいて、各捕集流路の水平方向の幅・板状部材の間隔等の構造は全く同一であるが、下流側の蒸気乾燥モジュール900Bにおいては、上流側の蒸気乾燥モジュール900Aの捕集流路967Aの列数が少なく（いいかえれば板状部材の列数が少なく）なっており、結果として、蒸気乾燥モジュール900Bの捕集流路967Bの流れ方向と直交する方向（図14下図における上下方向）における幅 L_2 が、蒸気乾燥モジュール900Aの幅 L_1 よりも狭くなっていることである。その他の点は第7の実施例と同様である。

【0102】本実施例によれば、下流側の蒸気乾燥モジュール900Bにおいて、上流側の蒸気乾燥モジュール900Aよりも捕集流路の数を少なく（板状部材の数を少なく）し、蒸気乾燥モジュール900Bの捕集流路967Bの流れ方向と直交する方向における幅 L_2 を蒸気乾燥モジュール900Aの幅 L_1 よりも狭くすることで、断面積が小さくなり蒸気流の速度を増加させることができ、よって液滴の慣性力が蒸気乾燥モジュール900Bでは増加されるので、相対的に小さな液滴を捕集することができる。よって、蒸気乾燥モジュール900Bで小径液滴をも捕集可能である分だけ蒸気乾燥モジュール900Aを2つ設ける場合よりも液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき、蒸気乾燥モジュール900Bを2つ設ける場合よりも圧力損失の増加はわずかで済む。したがって、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができ蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。さらに、相対的に大きな液滴は上流側の蒸気乾燥モジュール900Aへ相対的に小さな液滴は下流側の蒸気乾燥モジュール900Bへと分離して捕集されるので、蒸気乾燥モジュール900Bを2つ設けた場合に液膜の成長によって起こり得る捕集液滴の液膜からの再飛散を抑制できる。

【0103】本発明の第9の実施例を図15により説明する。本実施例も第7及び第8の実施例同様、1つの蒸気乾燥器エレメントが2組の蒸気乾燥モジュールを備えている蒸気乾燥器の実施例である。

【0104】本実施例の蒸気乾燥器の全体構造を図15に示す。第1～第8の実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図15において、第8の実施例と異なる点は、上流側の蒸気乾燥モジュール1000Aの捕集流路1067Aと下流側の蒸気乾燥モジュール1000Bの捕集流路1067Bとにおいて、蒸気乾燥モジュール1000Bの捕集流路1067Bの流れ方向と直交する方向（図15下図における上下方向）における幅は蒸気乾燥

モジュール1000Aの幅と同一であるが、蒸気乾燥モジュール1000Bの捕集流路1067Bの上下方向の高さ H_2 が蒸気乾燥モジュール1000Aの捕集流路1067Aの上下方向の高さ H_1 がよりも小さくなっていることである。その他の点は第8の実施例と同様である。

【0105】本実施例によっても、第8の実施例と同様の効果を得る。なお、上記第7～第9の実施例は、蒸気乾燥器エレメントが2組の蒸気乾燥モジュールを備えている場合であったが、これに限られず、3組以上の蒸気乾燥モジュールを有している場合であっても適用でき、この場合も同様の効果を得る。

【0106】本発明の第10の実施例を図16及び図17により説明する。本実施例は捕集流路の構造が異なる蒸気乾燥器エレメントを有する蒸気乾燥器の実施例である。本実施例の蒸気乾燥器エレメントの捕集流路1167の構造を図16に示す。第1～第9の実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図16に示す本実施例の捕集流路1167において、複数の波板1117のそれぞれが互いに平行に配置されており、これによってジグザグ形状の捕集流路1167を形成している。またそれぞれの波板1117は、複数箇所の凹凸部（一方からみれば凸部で反対側から見れば凹部となり、深さは例えば約2mm）1128a～hを備えている。

【0107】次に、本実施例の作用を説明する。一般に、湿り蒸気が蒸気乾燥器の捕集流路に流入すると流路一面に液滴が付着して液膜を形成するが、この液膜に蒸気流中の液滴が入射すると液膜から液滴が再飛散しキャリアーオーバー量が増大する。このような場合において、入射液滴径がDのときの再飛散量と液膜厚さとの関係を図17に示す。

【0108】図17において、液滴の再飛散量は、液膜厚さがDのとき、すなわち液膜厚さと入射液滴の径がほぼ等しいときに極大となることが分かる。本実施例においては、波板1117上に凹凸部1128a～hを設けることにより、蒸気流により凹部には液膜が集まって液膜厚さがDより厚いD1となり、一方、凸部では逆に液膜厚さがDより薄いD2となる。すなわち、凹部からも凸部からも液滴の再飛散が抑制されるので、結果として、凹部（ポケット部）からの再飛散のみを抑制する従来技術よりも十分に捕集流路1167における再飛散を抑制しこれによるキャリアーオーバーを抑制することができる。またこのとき凹凸部1128a～hを設けることによる圧力損失の増加はほとんどないことが分かった。

【0109】以上説明したように、本実施例によれば、ジグザグ形状の捕集流路1167を形成する波板1117が複数箇所の凹凸部1128a～hを有するので、捕集された液滴によって波板1117上に形成される液膜の厚さ分布を調整し凹部からも凸部からも液滴の再飛散が抑制される。よって十分に捕集流路1167における

再飛散を抑制しこれによるキャリーオーバーを抑制することができ、その分だけ蒸気乾燥器全体として液滴捕集量を増加させることができる。またこのときの圧力損失の増加はほとんどない。すなわち、蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。

【0110】また、第3の実施例同様、湿分分離器において用いられる波板式ベーンに対し本実施例の波板1167の形状をそのまま適用することができ、この場合も、再飛散を低減することによって圧力損失を大幅に増やすことなく液滴捕集量を増加でき、全体として性能向上を図れる湿分分離器を提供することができる。

【0111】本発明の第11の実施例を図18により説明する。本実施例の蒸気乾燥器の主要部である蒸気乾燥器エレメント1200を図18に示す。第1～第10の実施例と共通の部材については共通の番号で示す。図18において、蒸気乾燥器エレメント1200は、気水分離器（図示せず）からの湿り蒸気12の流れを誘導するフードプレート15と、フードプレート15により導かれ供給された湿り蒸気12中の液滴が捕集される複数の捕集流路1267を形成する複数の波板1224とを有する。

【0112】複数の波板1224は高さ方向に複数段（本実施例では波板1224U、Lの2段）に分割されており、各段には、複数の波板1224U、Lの下方に位置し複数の波板1224U、Lで捕集された液滴を収集するドレンとい1258U又は1258Lと、ドレンとい1258U又は1258Lで収集された液滴を排出するドレン管1219U又は1219Lが設けられている。

【0113】複数の波板1224U、Lのそれぞれは互いに平行に配置されてジグザグ形状の捕集流路1267U又は1267Lを形成している。またそれぞれの波板1224L、Uに設けられた複数の曲がり部のそれぞれのなす角度はすべて同一であるが、各段における波板1224L又はUの曲がり部のなす角度は、下段の波板1224Lでは90°であり、上段の波板1224Uの120°よりも小さくなっている。

【0114】本実施例によれば、複数の波板1224を高さ方向に2段に分割するとともに、各段に設けられたドレンとい1258U、Lで液滴を収集し、ドレン管1219U、Lでこれらの液滴を排出するので、各段における波板1224U、Lで捕集され波板1224U、L上を流下する液膜は長距離を流下することなく、比較的短い距離を流下するだけで素早くその段のドレンとい1258U、Lに収集されドレン管1219U、Lで排出される。すなわち、波板を流下中に蒸気流中の液滴が入射することで再飛散しキャリーオーバーするのを抑制できる。よってその分だけ蒸気乾燥器全体として液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき捕集流路1267の前後に多孔板を設けず、また波板1267Uの曲がり

部のなす角度を小さくすることによる圧力損失の増大は非常に小さいので、エレメント全体として圧力損失を大幅に（約1/3に）低減できる。すなわち、蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。また、波板1267の曲がり部のなす角度は上段の波板1267Uのほうが大きいことにより、蒸気流の導入方向に近い下段の波板1267Lは蒸気流に対する入口抵抗が大きい一方、蒸気流の導入方向から遠い上段の波板1267Lは蒸気流に対する入口抵抗が小さく湿り蒸気12が導かれやすくなるので、高さ方向の流量配分の均一化を図ることができる。

【0115】なお上記実施例は、複数の波板を上下2段に分割したが、これに限られるものではなく3段以上への分割も適用でき、この場合には波板の曲がり部のなす角について最下段が最小であり上段ほど大きくなるように構成することもできる。この場合も同様の効果を得る。また、上記実施例においては捕集流路1267U、L前後の多孔板を省略したが、これを省略せず従来通り設けた場合であっても、複数の波板を上下2段に分割することによって、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させ、蒸気乾燥器全体としての性能を向上させる効果を得る。さらに、本実施例の波板1124、Lを第3の実施例の波板417のように波板を平行に配置して流れ方向に波板の曲がり部のなす角度を小さくする構成、第10の実施例の波板1117のように波板を平行に配置して凹凸部を設ける構成があり、同様の効果を得る。

【0116】本発明の第12の実施例を図19及び図20により説明する。本実施例は多孔板の構造が異なる蒸気乾燥器エレメントを有する蒸気乾燥器の実施例である。本実施例の蒸気乾燥器エレメント100の構造を図19に示す。図19において、蒸気乾燥器エレメント100は、気水分離器（図示せず）からの湿り蒸気12の流れを誘導するフードプレート15と、複数の開口部21を有しフードプレート15により導かれた湿り蒸気12の流量配分を行う多孔板16aと、多孔板16aを介し供給された湿り蒸気12中の液滴が捕集される複数の捕集流路67を形成する少なくとも一部が曲折した複数の板17と、板17のさらに下流側に配置され多孔板16aとの組み合わせで湿り蒸気12の捕集流路67内における流量配分を行う多孔板16bと、液滴を収集するドレンとい18と、ドレンとい18に接続され収集された液滴を排出するドレン管19を有する。

【0117】多孔板16aは、例えば開口部21の数や径を調整することにより、図19における下方（湿り蒸気12の入口側）のほうが開口比が小さく図19における上方へ行くほど開口比が大きくなる構成となっている。これと逆に多孔板16bは図19の上方が開口比が小さく、下方が開口比が大きくなる構成となっている。また多孔板16aの開口部21のフードプレート15側

35

には、その開口部21の外周を取り囲む突起21aが設けられている。ドレンとい18は、板17の下方に位置して板17で捕集された液滴を収集する本体部分18aと、多孔板16aの下方に位置して多孔板16aを流下する液膜を収集する補助部分18bとを有する。また本体部分18aと補助部分18bとの間には連通孔22が設けられており、ドレン管19は本体部分18aに接続されるとともに連通孔22を介して補助部分18bとも接続され、補助部分18bに収集された液膜を排出する。

【0118】上記構成において、気水分離器を出た湿り蒸気12は、フードプレート15によって多孔板16aを介して捕集流路67へと導かれる。捕集流路67へ導かれた湿り蒸気12は、蒸気と液滴との慣性力の差により慣性力の大きい液滴のみが板17上に衝突して捕集され、液膜となって板17上を流れ落ちドレンとい18に収集され、ドレン管19を通過してダウンカマへと戻される。

【0119】このとき、開口部21の開口比は下方は小さく上方ほど大きいことにより、多孔板16aを通過する湿り蒸気12の高さ方向の流量配分の均一化を図り湿り蒸気12の入口側である下方に偏らないようまんべんなく配分される。また多孔板16bは開口比が逆に下方は大きく上方は小さいことにより、複数の板17中において湿り蒸気12が図中A→Bで示すような斜め下方向きに流れ、板17上における液膜の流下をより促進するように構成されている。

【0120】本実施例に対する比較例として、従来技術の蒸気乾燥器の蒸気乾燥器エレメント101を図20に示す。本実施例と共通の部材については共通の番号で示す。図20において、本比較例の蒸気乾燥器エレメント101が本実施例と異なる点は、多孔板16aの開口部21の外周に突起21aが設けられていない点と、ドレンとい18が補助部分18b及び連通孔22を有さない点である。その他の点は、ほぼ同様である。ここで、図20に示す蒸気乾燥器エレメント101においては、湿り蒸気12が多孔板16aを通過し、多孔板16aに付着した液滴が液膜となって流下する際に、開口部21付近で蒸気流にあおられて再飛散しキャリーオーバーして捕集流路67内に流入していた。本実施例の蒸気乾燥器によれば、蒸気乾燥器エレメント100の多孔板16aの開口部21のフードプレート15側に突起21aを設けるので、開口部21付近で蒸気流によって再飛散しキャリーオーバーすることを抑制できる。よってその分だけ蒸気乾燥器全体としての液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき突起21aを設けることによる圧力損失の増加はほとんどない。よってすなわち、蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。

【0121】なお、本実施例は、多孔板16aを流下した液膜を収集し排出する手段としてドレンとい18に補

36

助部分18bを設け連通孔22を介してドレン管19で排出する構成を示したが、本体部分18aをフードプレート15の側へ伸長して配置し上記液膜を受ける構成や、連通孔22を設けず補助部分18bに独自のドレン管を設ける構成などがあり、これらによっても同様の効果を得る。また、上記実施例においては、開口部21のすべてに突起21aが設けられていたが、必ずしもすべての開口部21に必要であるわけではなく、複数の開口部21の少なくとも1つに突起21aを設けてもよい。この場合も同様の効果を得る。

【0122】また、複数の板17を第3の実施例の波板417とする構成があり、この場合も第3の実施例と同様の液滴捕集量増加の効果を得ることができる。さらに、捕集流路67を第4の実施例の捕集流路567とする構成があり、この場合も第4の実施例と同様の効果を得ることができる。また、複数の板17を第10の実施例の波板1167とする構成があり、この場合も第10の実施例と同様の液滴捕集量の向上効果を得ることができる。

20 【0123】本発明の第13の実施例を図21～図23により説明する。本実施例は、気水分離器と蒸気乾燥器とを備えた気水分離システムの実施例である。第1～12の実施例と共通の部材については共通の番号で示す。沸騰水型原子炉の構造を図21に示す。本実施例の気水分離システム1300は、炉心2で発生した水・蒸気混合物に遠心力を与えて蒸気と水とに分離する気水分離器1304と、気水分離器1304を出た液滴等の水分を含んだ湿り蒸気から液滴を除去する蒸気乾燥器1314とから成る。

30 【0124】蒸気乾燥器1314としては、上記第1～第11の実施例で示した蒸気乾燥器を用いる。前述したように第1～第11の実施例の蒸気乾燥器は、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができる性能を有している。すなわち具体的には、重量パーセントで10%を超える含水率の湿り蒸気を取り入れ、重量パーセントで0.1%以下の含水率の蒸気を放出することができる構成となっている。

40 【0125】気水分離器1304の構造を図22に示す。図21及び図22において、気水分離器1304は軸流遠心式であり、螺旋状の羽根1311によって蒸気・水混合物1365を旋回させる。このときの遠心力の作用により混合物中の密度の高い水は気水分離器1304の外周部に集まって蒸気から分離され、外周部に設けられた下降流路1364へ流入する。下降流路1364へ流入した分離水はスタンドパイプ1310を包囲する下方のプール内に入り、ダウンカマ1307内に流入する。一方、気水分離器1304の頂部1365から流出した液滴を含む湿り蒸気12は、湿り蒸気プレナム1313を経て蒸気乾燥器1314へと導かれる。

50 【0126】次に、本実施例の作用を説明する。本実施

例の気水分離器1304の比較例として、従来の気水分離器1305を図23に示す。本実施例と共通の部材は共通の番号で示す。図22及び図23において、本実施例の気水分離器1304と比較例の気水分離器1305との相違点は、従来は3段に分けて分離を行っていたのを1段のみで分離することとして構造を簡略化していることである。すなわち、本実施例の気水分離器1304においては、この構造の簡略化により、頂部1365から放出される湿り蒸気12の含水率は重量パーセントで10%を超えることとなるが、圧力損失は大幅に低減される。

【0127】一方、比較例における気水分離器1305は、重量パーセントで10%以下の含水率の湿り蒸気を湿り蒸気プレナム内に送り出しかつ蒸気のダウンカマへの流入量（キャリアアング量）が0.25（重量）%以下であるような分離性能を有するが、この分離性能を確保するためにその分構造が複雑となり圧力損失が大きい。これは、従来の蒸気乾燥器における液滴捕集性能が低く、蒸気乾燥器入口で湿り蒸気の含水率が10（重量）%以下でなければ出口において0.1（重量）%以下に低減できなかったからである。

【0128】しかしながら、本実施例の気水分離システム1300においては、蒸気乾燥器1314は、液滴捕集量が増加されており、重量パーセントで10%を超える含水率の湿り蒸気であってもこれを取り入れて0.1%以下の含水率に低減し放出できる性能を有している。これによって、重量パーセントで10%を超える含水率の湿り蒸気を放出する気水分離器1304を用いても、蒸気乾燥器の出口では0.1%以下の含水率に低減できるので、気水分離システム全体としての分離機能は従来通りの性能を維持できる。そしてこのとき気水分離器1304においては、構造の簡略化によって圧力損失を低減できる。

【0129】以上説明したように、本実施例の気水分離システム1300によれば、蒸気乾燥器1314を有するので、蒸気乾燥器1314における圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができる。よってその分気水分離器1304の分離量を軽減できるので、気水分離器1304の構造を簡素化して気水分離器1304内の圧力損失を低減し、又は気水分離器1304の数を減らして原子力発電プラントの建設コストを低減できる。また気水分離器は冷却材の循環流路の一部をなすが、この気水分離器の圧力損失を低減することで、冷却材駆動ポンプトリップ時の自然循環量の増大が図れ、沸騰水型原子炉の信頼性の向上を図れる。

【0130】なお、上記実施例においては、気液分離の段数を減らすことによって気水分離器の構造を簡略化した。が、その他、例えば螺旋状の羽根の角度を緩くする構造等でもよく、この場合も同様の効果を得る。

【0131】

【発明の効果】本発明の蒸気乾燥器によれば、第1の捕集手段で相対的に大きな液滴を捕集し、下流側の第2の捕集手段で相対的に小さな液滴を捕集する。よって、小径液滴をも捕集可能である分だけ液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき、上流下流の全区間にわたって相対的に小さな液滴を捕集する手段を設ける場合よりも圧力損失の増加はわずかで済む。したがって、圧力損失を大幅に増加させることなく液滴捕集量を増加させることができ蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。さらに、相対的に大きな液滴は上流側へ相対的に小さな液滴は下流側へと分離して捕集されるので、捕集液滴の液膜からの再飛散を抑制できる。また、本発明の蒸気乾燥器によれば、複数箇所の凹凸部を備えたジグザグ形状の波板で捕集流路を形成するので、捕集された液滴によって波板上に形成される液膜の厚さ分布を調整し凹部からも凸部からも液滴の再飛散が抑制される。よって十分に捕集流路における再飛散を抑制しこれによるキャリアオーバーを抑制することができ、その分だけ蒸気乾燥器全体として液滴捕集量を増加させることができる。またこのときの圧力損失の増加はほとんどない。すなわち、蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。さらに、本発明の蒸気乾燥器によれば、複数の捕集流路を高さ方向に複数段に分割するとともに、各段に設けられた収集手段で液滴を収集し、排出手段でこれらの液滴を排出するので、各段における波板上を流下する液膜は比較的短い距離を流下し、収集手段に収集され排出手段で排出される。すなわち、波板を流下中に蒸气流中の液滴が入射して再飛散しキャリアオーバーするのを抑制できる。よってその分だけ蒸気乾燥器全体として液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき整流手段を設けないので圧力損失を大幅に低減できる。すなわち、蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。また、本発明の蒸気乾燥器によれば、整流手段の開口部の誘導手段側に突起を設けるので、整流手段に付着した液滴が開口部付近で再飛散しキャリアオーバーするのを抑制する。よってその分だけ蒸気乾燥器全体としての液滴捕集量を増加させることができる。またこのとき圧力損失の増加はほとんどない。すなわち、蒸気乾燥器全体としての性能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の蒸気乾燥器エレメントの平面構造図である。

【図2】沸騰水型原子炉の構造図である。

【図3】蒸気乾燥器の全体構造図である。

【図4】本発明の第1の実施例の第1の比較例における蒸気乾燥器エレメントの構造図である。

【図5】本発明の第1の実施例の第2の比較例における蒸気乾燥器エレメントの構造図である。

【図6】本発明の第2の実施例の蒸気乾燥器エレメント

39

の捕集流路の構造図である。

【図7】本発明の第3の実施例の蒸気乾燥器エレメントの捕集流路の構造図である。

【図8】波板曲がり部での液滴捕集量の相対的割合を表した図である。

【図9】本発明の第3の実施例の参考例における圧力損失を示した図である。

【図10】本発明の第4の実施例の蒸気乾燥器エレメントの捕集流路の構造図である。

【図11】本発明の第5の実施例の蒸気乾燥器エレメントの鉛直断面図である。

【図12】本発明の第6の実施例の蒸気乾燥器エレメントの平面構造図である。

【図13】本発明の第7の実施例の蒸気乾燥器の全体構造図である。

【図14】本発明の第8の実施例の蒸気乾燥器の全体構造図である。

【図15】本発明の第9の実施例の蒸気乾燥器の全体構造図である。

【図16】本発明の第10の実施例の蒸気乾燥器エレメントの捕集流路の構造図である。

【図17】捕集流路からの液滴再飛散量と液膜厚さとの関係を表す図である。

【図18】本発明の第11の実施例の蒸気乾燥器エレメントの構造図である。

【図19】本発明の第12の実施例の蒸気乾燥器エレメントの構造図である。

【図20】本発明の第12の実施例の比較例における蒸気乾燥器エレメントの構造図である。

【図21】沸騰水型原子炉の構造図である。

【図22】本発明の第13の実施例における気水分離器の構造図である。

【図23】本発明の第14の実施例の比較例における気水分離器の構造図である。

【符号の説明】

12 湿り蒸気

15 フードプレート

16 a, b 多孔板

17 板

18 ドレンとい

18 a 本体部分

18 b 補助部分

21 開口部

21 a 突起

22 連通孔

67 捕集流路

100 蒸気乾燥器エレメント

200 蒸気乾燥器エレメント

217 波板

267 捕集流路

40

277 a~h 液滴分離板

280 a~h ドレンポケット

367 捕集流路

377 a~g 液滴分離板

380 a~g ドレンポケット

390 c~g 絞り部材

417 波板

417 a~d 曲がり部

467 捕集流路

567 捕集流路

577 a~e 液滴分離板

580 a~e ドレンポケット

600 蒸気乾燥器エレメント

630 a, b 仕切板

667 捕集流路

700 蒸気乾燥器エレメント

718 波板

767 捕集流路

767 a, b 捕集流路

777 a~h 液滴分離板

778 e~h 液滴分離板

780 a~h ドレンポケット

781 e~h ドレンポケット

800 蒸気乾燥器エレメント

800 A, B 蒸気乾燥モジュール

815 A, B フードプレート

816 a, b 多孔板

867 A, B 捕集流路

900 蒸気乾燥器エレメント

30 900 A, B 蒸気乾燥モジュール

915 A, B フードプレート

916 a, b 多孔板

967 A, B 捕集流路

1000 蒸気乾燥器エレメント

1000 A, B 蒸気乾燥モジュール

1015 A, B フードプレート

1016 a, b 多孔板

1067 A, B 捕集流路

1117 波板

40 1128 a~h 凹凸部

1167 捕集流路

1200 蒸気乾燥器エレメント

1219 ドレン管

1219 U, L ドレン管

1224 波板

1224 U, L 波板

1258 U, L ドレンとい

1267 捕集流路

1267 U, L 捕集流路

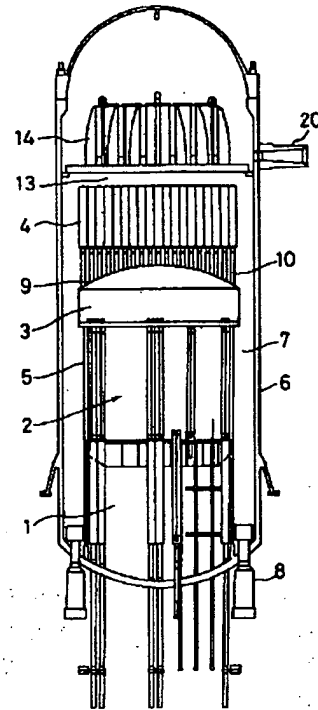
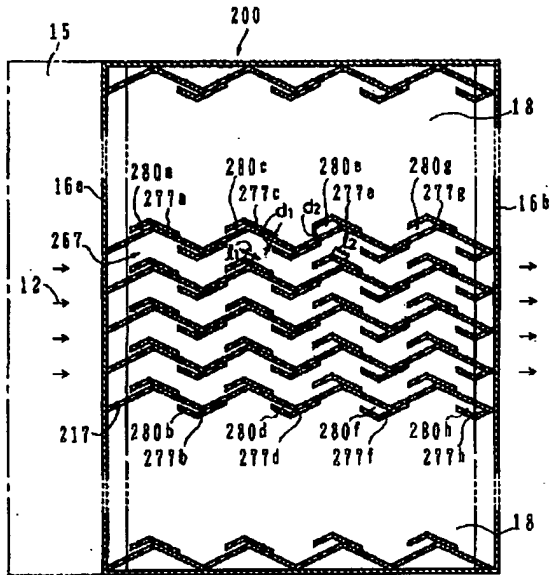
50 1300 気水分離システム

1304 気水分離器

1314 蒸気乾燥器

【図1】

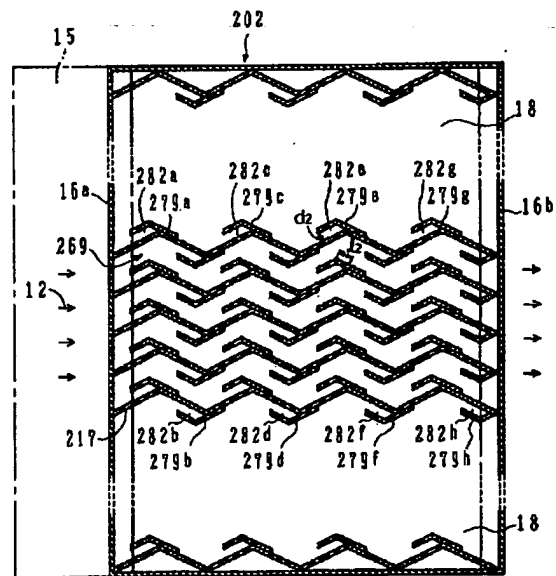
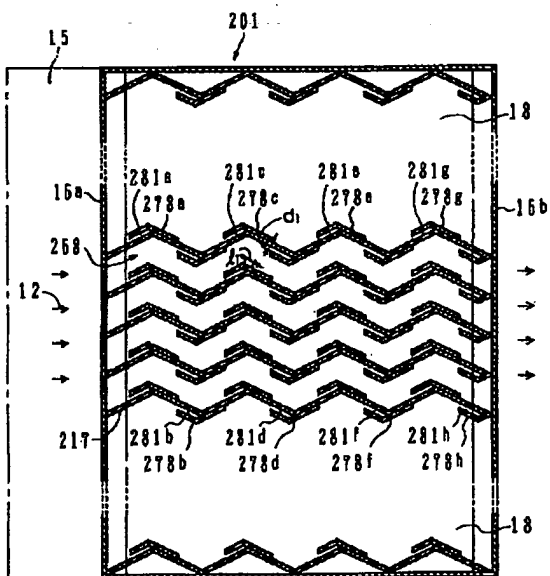
【図2】



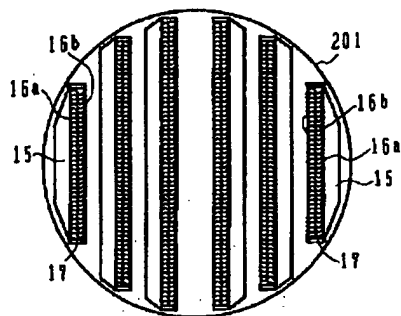
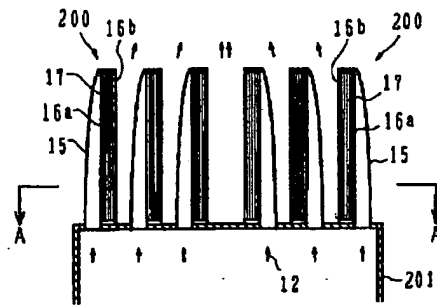
200: 蒸気乾燥器エレメント
 217: 波板
 267: 積集通路
 277a~277h: 液滴分離板
 280a~280h: ドレンポケット

【図4】

【図5】

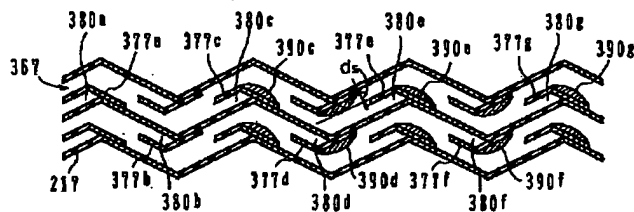


【図3】



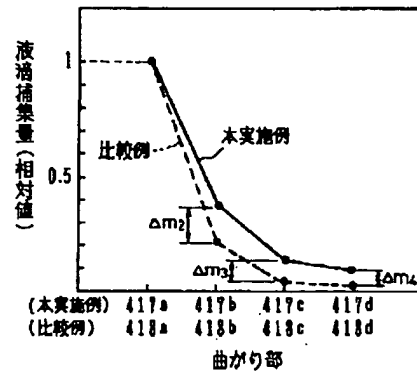
A-A 視図

【図6】

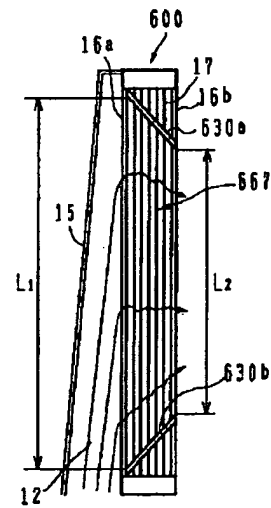


367: 捕集流路
 377a~377h: 液滴分離板
 380a~380h: ドレンポケット
 390a~390h: 絞り部材

【図8】

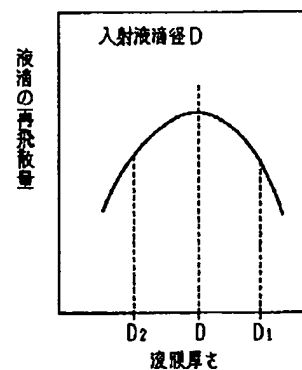


【図11】

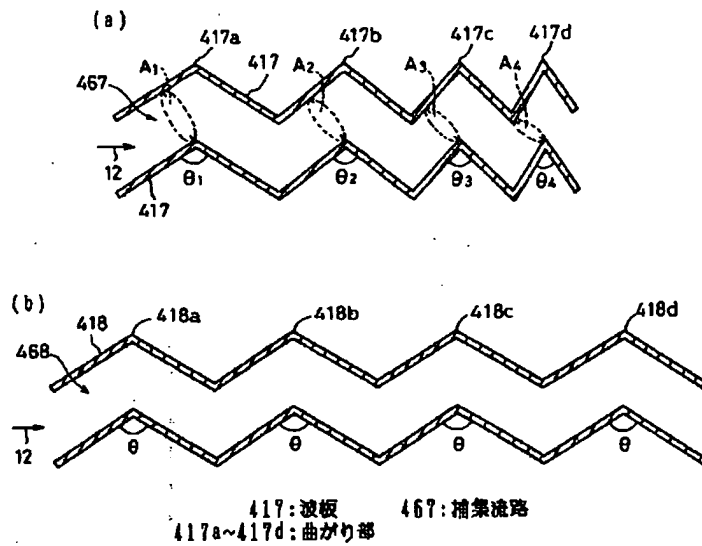


600: 蒸気乾燥器エレメント
 630a, 630b: 仕切板
 667: 捕集流路

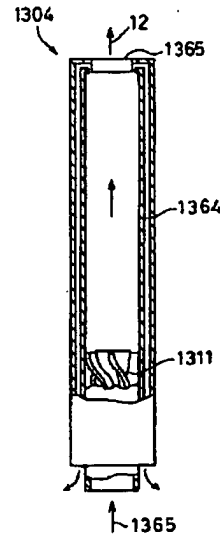
【図17】



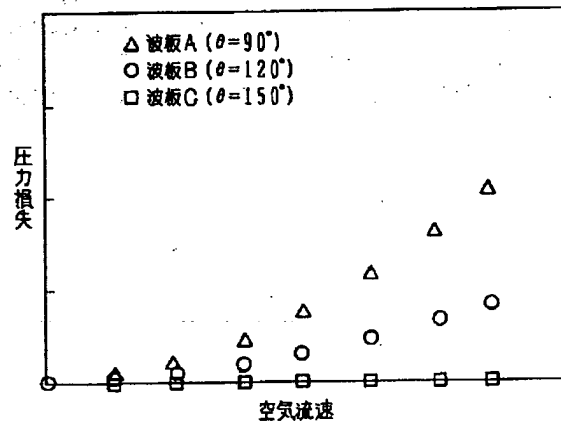
【図7】



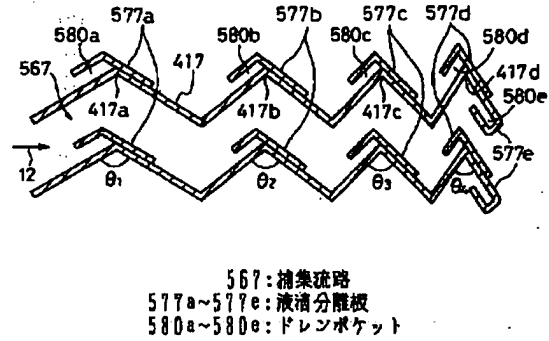
【図22】



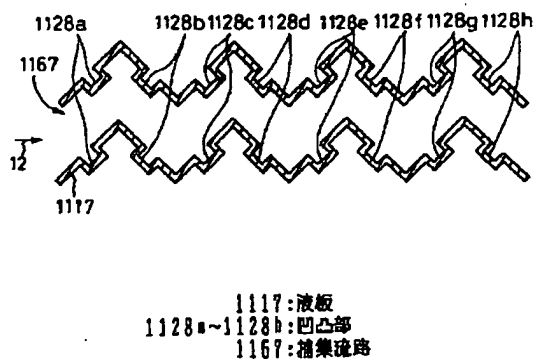
【図9】



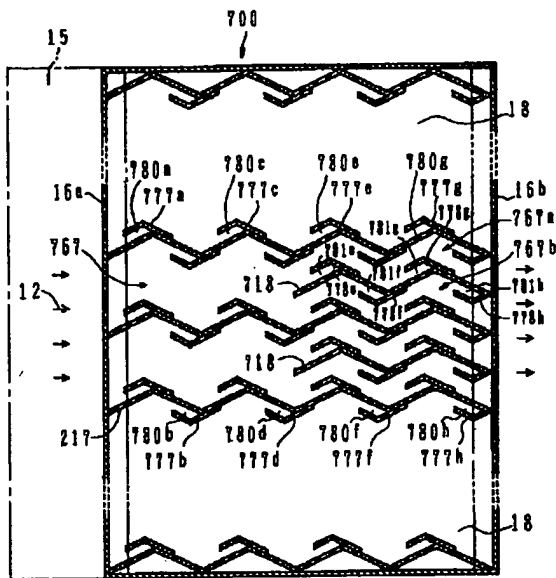
【図10】



【図16】

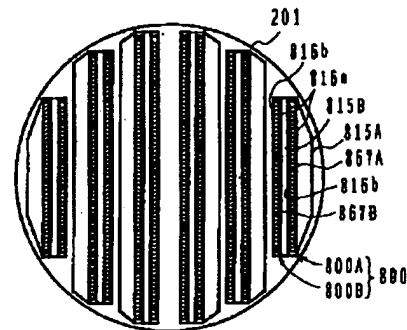
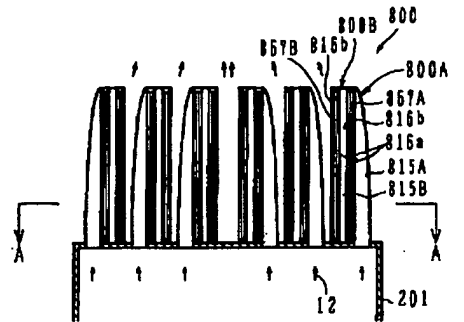


【図12】



700: 蒸気乾燥器エレメント
 718: 波板
 767: 捕集流路
 767a, 767b: 捕集流路
 777a~777h: 液滴分離板
 778a~778b: 液滴分離板
 780a~780h: ドレンポケット
 781a~781h: ドレンポケット

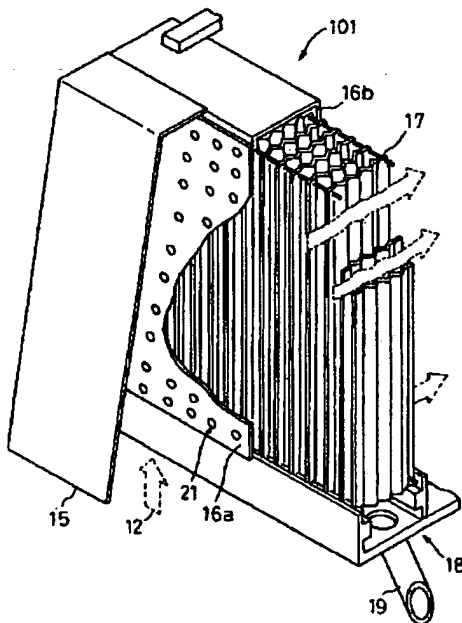
【図13】



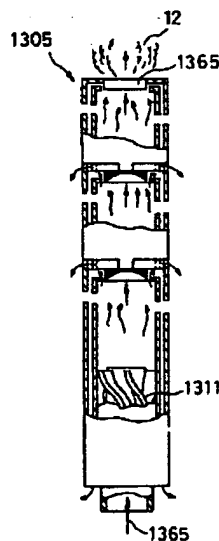
A-A 視図

800: 蒸気乾燥器エレメント
 800A, 800B: 蒸気乾燥モジュール
 815A, 815B: フードプレート
 816a, 816b: 多孔板
 867A, 867B: 捕集流路

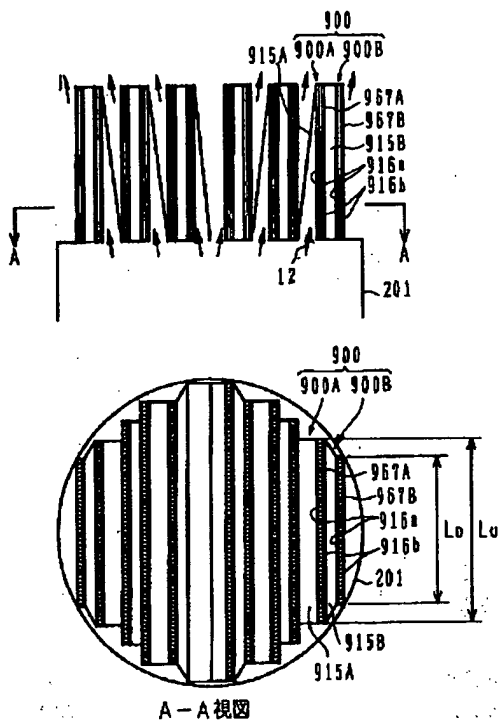
【図20】



【図23】

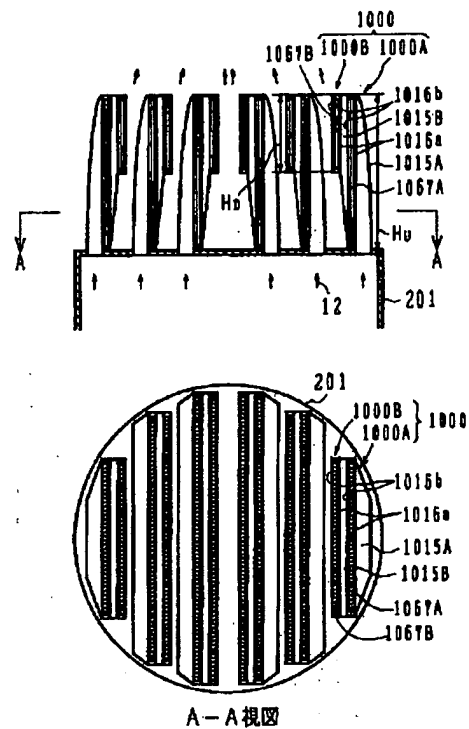


【図14】



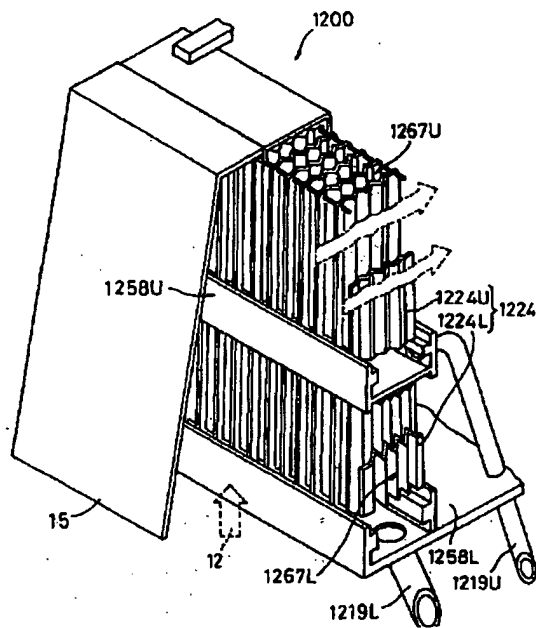
900: 蒸気乾燥器エレメント
 900A, 900B: 蒸気乾燥モジュール
 915A, 915B: フードプレート
 916a, 916b: 多孔板
 967A, 967B: 捕集通路

【図15】



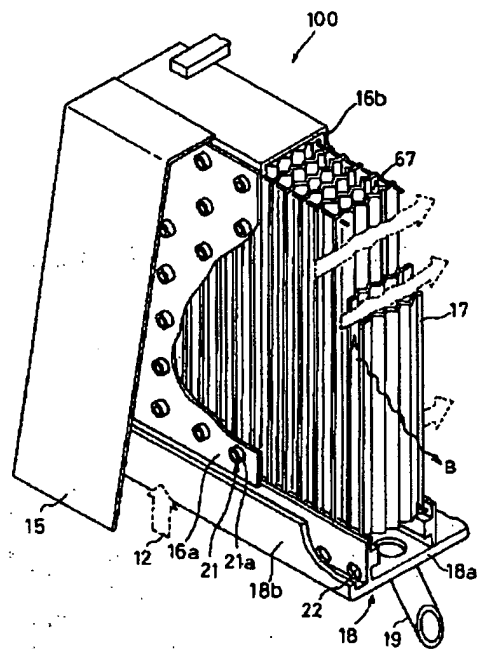
1000: 蒸気乾燥器エレメント
 1000A, 1000B: 蒸気乾燥モジュール
 1015A, 1015B: フードプレート
 1016a, 1016b: 多孔板
 1067A, 1067B: 捕集通路

【図18】



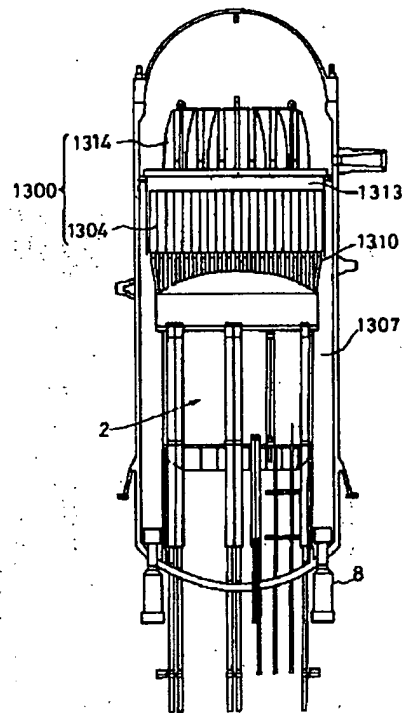
- 1200: 蒸気乾燥器エレメント
 1219: ドレン管
 1219U, 1219L: ドレンとい
 1224: 波板
 1224U, 1224L: 波板
 1258U, 1258L: ドレンとい
 1267: 捕集流路
 1267U, 1267L: 捕集流路

【図19】



- 12: 湿り蒸気
 15: フードプレート
 16a, 16b: 多孔板
 17: 板
 18: ドレンとい
 18a: 本体部分
 18b: 補助部分
 21: 開口部
 21a: 突起
 22: 連通孔
 67: 捕集流路
 100: 蒸気乾燥器エレメント

【図21】



1300: 気水分離システム
 1304: 気水分離器
 1314: 蒸気乾燥器

フロントページの続き

(72)発明者 横山 巖
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株
 式会社日立製作所エネルギー研究所内
 (72)発明者 中尾 俊次
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株
 式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者 河村 勉
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株
 式会社日立製作所エネルギー研究所内
 (72)発明者 齋藤 義則
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株
 式会社日立製作所エネルギー研究所内